CONCOURS

POUR LA CHAIRE DE PHYSIOLOGIE,

OUVERT

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG,

LE 1.er JUILLET 1846,

PAR ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 28 MARS MÊME ANNÉE.

DES MOUVEMENTS DES LIQUIDES

DANS L'ORGANISME HUMAIN.

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE DEVANT LE JURY,

INSTITUÉ CONFORMÉMENT AU RÈGLEMENT DU 11 JANVIER 1842 ET AUX ARRÊTÉS MINISTÉRIELS DES 13 ET 25 JUIN 1846,

Le 4 Août 1846, à sept heures du soir,

PAR

A. LEREBOULLET,

DOCTEUR EN MÉDECINE ET ÈS SCIENCES, PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE STRASBOURG, ETC.

> Ce n'est pas en physiologie qu'on invente, le grand art consiste à trouver.
>
> MAGENDIE (Leç. sur les fonct. du syst. nerv., t. I.er, p. 125).

STRASBOURG,

IMPRIMERIE DE VEUVE BERGER-LEVRAULT, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE.

1846.

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG.

JUGES DU CONCOURS.

MM. Ehrmann, Président,
Rameaux,
Cailliot,
Schützenberger,
Tourdes,
Boeckel,
Ruef,
} Juges titulaires.

Coze,
Forget,
Bertherand,
} Juges suppléants.

Boucher, officier de l'Université, secrétaire.

CONCURRENTS.

MM. Küss,
Michel,
Scrive,
Strohl.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ni les approuver ni les improuver.

DES

MOUVEMENTS DES LIQUIDES

DANS L'ORGANISME HUMAIN.

INTRODUCTION.

Depuis l'instant où le germe a reçu la première impulsion jusqu'au moment où la mort vient désagréger les molécules qu'un lien mystérieux retenait unies entre elles, il se manifeste dans l'organisme une activité incessante, qui a pour objet l'entretien de cet organisme et son développement.

Déjà même avant la fécondation, le germe, comme partie intégrante d'un corps organisé et vivant, participe à la vie de cet être, se développe, parcourt les phases de son existence, et, quand il a atteint sa maturité, peut se détacher de son parent, sans fécondation préalable, qu'il soit bourgeon ou ovule.

Cette activité continuelle, apanage exclusif des corps vivants, est déterminée par un perpétuel échange de molécules entre le corps organisé et le monde extérieur, et cet échange s'opère à l'aide des liquides dont tous les êtres vivants sont imprégnés, et qui constituent une des conditions indispensables de leur existence.

D'abord homogènes et doués d'une force de transmutation remarquable, ces liquides se différencient peu à peu, à mesure que les solides eux-mêmes apparaissent et se séparent en quelque sorte les uns

des autres, pour constituer des organes distincts, affectés à des fonctions particulières. Enfin, dans l'organisme arrivé à son développement complet, tous les liquides se sont en quelque sorte individualisés et chacun d'eux remplit la fonction qui lui est dévolue.

Aussi longtemps que le nouvel être tient encore à son parent, il participe à la nutrition de ce dernier; les échanges de matériaux s'opèrent entre le nouvel individu et l'être lui-même sur lequel il est greffé; mais quand il s'en est détaché, quand il est arrivé à la vie extérieure, son existence, devenue indépendante, ne s'entretient plus que par un conflit continuel entre lui-même et le monde extérieur.

C'est par les liquides que ce conflit s'opère: ce sont eux qui reçoivent les éléments venus du dehors; ce sont eux qui les répandent dans toute l'économie, et c'est encore par leur intermédiaire que les molécules organiques, devenues inutiles, sont restituées à l'air et au sol.

Le liquide nourricier, considéré dans son ensemble, doit donc se présenter sous différentes formes, suivant les fonctions qu'il remplit. Nous le trouvons, encore imparfait, sous la dénomination de chyle ou de lymphe, dans un ordre de vaisseaux particuliers chargés de le porter dans le torrent circulatoire; nous le voyons ensuite, à l'état de sang proprement dit, affecter deux directions opposées, centripète et centrifuge, et décrire un grand cercle en se portant de toute la périphérie du corps vers l'organe respiratoire, et de cet organe central retourner à la périphérie (sang veineux et sang artériel), et enfin, nous voyons le sang artériel se changer de nouveau en sang veineux dans le parenchyme des organes, ou se métamorphoser dans les glandes en liquides de nature variable, appropriés à des usages particuliers, et destinés soit à être éliminés, soit à servir de nouveau à quelque fonction. Mais les liquides de l'organisme ne sont pas seulement renfermés dans des vaisseaux ou dans des tubes d'une autre nature, ils sont aussi contenus dans les innombrables cellules qui constituent, avec les fibres, les membranes et quelques autres tissus, tous les organes du corps; ils imprègnent les parois de ces cellules, de ces membranes, ils sont répandus

dans leurs interstices, ils baignent, en un mot, le corps tout entier, à l'exception d'un petit nombre de parties imperméables.

Le liquide nourricier n'est jamais en repos; sans doute il ne nous est pas donné d'observer d'une manière directe son mouvement dans le parenchyme des organes, mais le seul fait des actions nutritives nous oblige à l'admettre. Quant au mouvement des liquides contenus dans des tubes, il peut être soumis à l'observation directe; aussi connaît-on assez bieu aujourd'hui les conditions de ce mouvement et son mécanisme.

J'aurai donc à m'occuper, dans ce travail, du passage des liquides à travers les parois des cellules et des tubes, tout aussi bien que du mouvement des liquides dans les tubes eux-mêmes.

L'arrangement des nombreux matériaux mis à ma disposition m'a arrêté assez longtemps, et m'a présenté, je puis le dire, des difficultés réelles. J'aurais voulu envisager la question d'un point de vue tout à fait général, et indiquer successivement les conditions physiques des mouvements des liquides, et les conditions organiques et fonctionnelles qui président à ces mouvements. Ce plan aurait été, peut-être, plus philosophique; mais j'ai fini par me convaincre qu'il était inexécutable. En effet, il n'aurait pas été possible d'exposer les conditions physiques de l'équilibre des liquides et de leurs mouvements, c'est-à-dire les lois de l'hydrostatique et de l'hydrodynamique, sans les appliquer immédiatement aux fonctions, ou bien, je n'aurais eu à offrir au lecteur qu'une aride énumération de théorèmes. D'un autre côté, l'exposé des conditions organiques et fonctionnelles, dans une question aussi étendue, n'aurait pu être présenté, d'une manière générale, qu'aux dépens de la clarté. J'ai donc préféré la méthode analytique, comme me permettant de reproduire et de discuter les faits avec plus de méthode et plus de suite, me réservant, toutefois, de montrer, dans un résumé synthétique qui terminera mon travail, l'enchaînement de ces faits.

Je commencerai donc par tracer un tableau général du mouvement des liquides dans l'organisme, comme constituant la partie phénoménale de la question; ce sera l'objet de la première partie de ce travail.

Dans la seconde partie, je m'occuperai des causes des mouvements des liquides et du mécanisme de ces mouvements; je traiterai, dans la troisièmc partie, des influences qui modifient la marche des liquides, et enfin, dans la quatrième partie, je chercherai à résumer, d'une manière synthétique, les faits dont il aura été question dans l'ensemble du travail.

PREMIÈRE PARTIE.

DU TRANSPORT DES SUCS NOURRICIERS DANS L'ÉCONOMIE ANIMALE ET DE LA VITESSE DE LEUR MOUVEMENT.

Aussitôt que l'œuf fécondé est séparé de son follicule, il devient le siége d'un travail continu, qui a pour but son développement ultérieur. Il est vrai que nous n'apercevons en lui aucun mouvement, mais les changements rapides qu'il éprouve dans sa composition, sont des preuves évidentes d'une activité qui ne devra cesser qu'avec la vie: la disparition de la vésicule germinative, qui se dissout quelquefois même avant le détachement de l'ovule; la séparation des éléments de l'œuf en globules vitellins et en globulcs organoplastiques, séparation que MM. Prévost et Lebert (Ann. des sciences natur., 3.e série) ont observée dans l'œuf du poulet, comme dans celui des batraciens, et qui serait, d'après ces auteurs, un des premiers effets de la fécondation; la segmentation du vitellus, la formation des cellules qui suit de près cette segmentation, la disparition de la légère couche d'albumine qui entourait l'ovule, la formation de la vésicule blastodermique, son épaississement, sa division en feuillets, tous ces phénomènes de formations nouvelles, de transformation et d'accroissement, montrent qu'il s'opère déjà dans l'œuf des changements, des métamorphoses, avant même que le sang ne soit formé.

La première circulation est celle qu'on observe entre le cœur et l'aire

vasculaire[1]; le cœur ou l'espèce de boyau recourbé qui porte ce nom, envoie du sang dans le réseau du feuillet vasculaire jusque dans le vaisseau qui entoure le bord libre de ce feuillet (sinus terminal), et de ce sinus terminal, ainsi que du réseau de l'aire vasculaire, le sang revient au cœur.

Plus tard, le sinus terminal disparaît, la circulation s'établit, d'une part, entre l'embryon et la vésicule ombilicale par les vaisseaux omphalo-mésentériques, et, d'un autre côté, entre l'embryon et une autre vésicule, l'allantoïde, qui doit bientôt servir à conduire les vaisseaux ombilicaux jusqu'aux villosités du chorion, pour présider à la formation du placenta.

La naissance de ce plexus vasculaire est le signal d'un troisième mode de circulation, qui devra se continuer pendant toute la vie fœtale. L'œuf s'est greffé sur la muqueuse utérine; il tire sa nourriture des sucs maternels; le sang du fœtus qui arrive au placenta par les artères ombilicales, se renouvelle dans ce lacis vasculaire et revient au fœtus par la veine ombilicale. De larges communications sont établies entre les deux systèmes de vaisseaux du corps, qui seront plus tard séparés l'un de l'autre; les cavités droites du cœur communiquent avec les cavités gauches par une ouverture pratiquée dans la cloison des oreillettes, et de plus, le canal artériel qui s'étend de l'artère pulmonaire à l'aorte, sert encore à détourner le sang des poumons, dont les fonctions ne doivent commencer qu'à la naissance.

Lorsque le fœtus s'est détaché de sa mère, il se produit dans la marche des liquides des modifications importantes et nécessaires. Le trou de Botal se ferme, le canal artériel s'oblitère, toute la masse du sang veineux se rend au poumon, pour s'y débarrasser d'une partie de

---

1. La plupart des embryologistes sont portés à admettre aujourd'hui que le cœur préexiste au mouvement circulatoire qu'on aperçoit dans l'aire vasculaire ; outre MM. Valentin et Bischoff, qui professent cette opinion, je citerai M. Vogt, qui a observé avec un soin tout particulier, sur des poissons, cette phase du développement (*Embryologie des Salmones*) : il dit avoir vu pendant sept jours les mouvements du cœur, sans apercevoir la moindre trace de circulation (p. 182).

son acide carbonique et de son eau, et pour y puiser l'oxygène désormais indispensable à l'entretien de la vie. L'appareil circulatoire est alors nettement divisé en deux parties, l'une destinée à contenir le sang veineux, l'autre qui renferme le sang artériel.

Deux ordres de vaisseaux, différents par leur aspect et par leur structure, les artères et les veines, les premières partant d'un organe central d'impulsion et conséquemment centrifuges, les secondes, au contraire, aboutissant à cet organe, c'est-à-dire centripètes; ces vaisseaux affectant, les uns et les autres, une disposition arborescente; puis un système de canaux intermédiaires, beaucoup plus fins et disposés généralement en réseaux (vaisseaux capillaires); telle est en peu de mots la disposition générale des réservoirs du fluide nourricier. Les artères, qui partent du cœur, diminuent de plus en plus de diamètre, en se divisant sous des angles de grandeur variable; les veines, qui arrivent au cœur, se réunissent en rameaux et en troncs de plus en plus gros; les capillaires forment des réseaux, et sont remarquables par l'uniformité des tubes qui les constituent.

Tout cet appareil, envisagé sous le rapport du sang qu'il renferme, forme en réalité, comme nous l'avons dit, deux réservoirs distincts ou deux arbres: 1.° l'arbre dépurateur ou à sang noir, qui tient sous sa dépendance le système de la veine-porte et les appareils lymphatique et chylifère, et 2.° l'arbre nutritif ou à sang rouge (Duvernoy).

Ces deux arbres convergent l'un vers l'autre à leurs extrémités, et, de plus, se rapprochent l'un de l'autre par les organes d'impulsion situés sur le trajet de chacun d'eux. Le sang, dans sa marche, décrit donc une grande ellipse, et non pas deux cercles, comme on se plaît à le répéter; seulement les deux branches de l'ellipse, au lieu de rester écartées, s'appliquent l'une contre l'autre à une petite distance du centre respiratoire, au point que les deux organes d'impulsion semblent se confondre en un seul.

Dans cette double marche, périphérique ou nutritive, et centrale ou respiratoire, la disposition des organes offre, des deux côtés, la plus grande analogie. D'une part le sang artériel, formé dans les capil-

laires du poumon, est repris par les veines à sang rouge (veines pulmonaires) et amené dans un réservoir (oreillette gauche), qui le transmet à l'organe d'impulsion (ventricule gauche), afin que celui-ci le distribue dans toutes les parties du corps; d'un autre côté, le sang des capillaires de tous les organes, devenu veineux par l'aetion de l'oxygène, est repris par les radicules veineux, transporté à un réservoir analogue à celui qui avait recueilli le sang du poumon (oreillette droite), et porté à l'organe d'impulsion (ventricule droit), chargé de le transmettre à l'organe respiratoire.

Pour assurer l'ensemble de ces mouvements, les deux réservoirs, eomme les deux organes d'impulsion, sont reliés l'un à l'autre par des fibres musculaires communes, de manière à rendre simultanée la contraction des oreillettes comme celle des ventricules.

Après ce coup d'œil sur la disposition des principaux organes de la circulation, voyons, toujours d'une manière générale, quelles sont les voies que suivent les liquides qui servent à former le sang et ceux qui dérivent du suc nourricier lui-même.

Les matériaux de la digestion et les débris de nos organes sont destinés à être mêlés au sang, les uns pour réparer les pertes des organes eux-mêmes, ou pour entretenir la respiration, les autres pour être éliminés par les excrétions.

L'absorption est une fonction générale, qui s'exerce non-seulement à la peau et sur toute l'étendue des muqueuses, mais aussi dans toutes les parties du corps et dans l'intimité des organes. Ou bien les matières à absorber sont en eontact immédiat avec les vaisseaux, ou bien elles sont séparées de ces derniers par des couches de cellules que ces matières devront traverser pour arriver dans le torrent circulatoire; quels que soient les obstacles qui semblent s'opposer à ce passage, il aura presque toujours lieu si les matières à absorber sont dissoutes dans un liquide. Les faits qui démontrent l'absorption sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les exposer; rappelons seulement : l'absorption de l'eau d'un bain, des substances médicamenteuses introduites dans

l'économie par la peau, même recouverte de son épiderme (méthode iatraleptique), le passage plus rapide des médicaments par la peau dépouillée de l'épiderme (méthode endermique), l'absorption facile et prompte qui a lieu sur toute l'étendue du tube digestif, les effets de la morsure des serpents venimeux, la disparition du liquide des hydropisies, etc.

Le passage dans le sang des substances absorbées pourra se faire immédiatement, si l'absorption a lieu par les veines, comme il est facile de le démontrer; mais il existe, outre les veines, un système de vaisseaux particuliers (vaisseaux chylifères et lymphatiques), analogues aux veines, soit par leur disposition générale, soit par leur structure, mais qui en diffèrent par un nombre considérable de plexus vasculaires (glandes ou ganglions lymphatiques).

Dans l'homme et dans les mammifères, la communication de l'appareil lymphatique avec l'appareil sanguin ne paraît se faire que par les deux embouchures principales de cet appareil dans les veines sous-clavières gauche et droite; quoiqu'on ait cru avoir démontré, par des injections, la multiplicité des communications entre les deux appareils.

L'absorption par les lymphatiques, que M. Magendie a révoquée en doute, est aujourd'hui un fait constaté et admis généralement, tout aussi bien que l'absorption veineuse. L'absorption par les chylifères ne saurait être l'objet d'une discussion, car on sait que la couleur et la consistance du chyle changent avec la nature des aliments; quant aux lymphatiques proprement dits, il suffit de se rappeler les engorgements douloureux des ganglions lymphatiques de l'aisselle ou de l'aine à la suite de plaies irritantes ou d'affection syphilitique, et la présence de la bile dans les lymphatiques du foie à la suite de la ligature du canal cholédoque, ou chez les sujets atteints d'obstruction des conduits biliaires, pour avoir des preuves suffisantes du rôle que jouent ces vaisseaux dans l'absorption. D'ailleurs le professeur Bischoff vient de démontrer, par des expériences, que les poisons narcotiques peuvent être absorbés par les lymphatiques et conduits par eux dans le sang. (Henle *und* Pfeufer, *Zeitschr.*, 1845, I, p. 62.)

Un mouvement opposé à celui dont il vient d'être question a pour objet le transport de certaines substances hors de l'économie, ou la production de substances nouvelles qui se forment aux dépens du sang, dans un but fonctionnel particulier. Le sang se dépouille à la surface de la peau, dans les poumons, dans les reins, de substances gazeuses et de principes liquides tenant en dissolution des matières excrémentiticlles. Les capillaires, étalés sous l'épiderme et dans la muqueuse pulmonaire, permettent au liquide sanguin de s'étendre sur une immense surface qui n'est séparée du milieu ambiant, c'est-à-dire de l'air atmosphérique, que par une couche assez mince de tissus. Le sang doit alors subir la loi physique de l'évaporation, et cela d'autant plus facilement, que la couche vasculaire sera plus riche en vaisseaux et que la membrane qui la recouvre sera plus mince : c'est ce qui explique l'abondance de l'exhalation pulmonaire et la facilité avec laquelle certaines substances volatiles, introduites dans le sang, s'échappent par cette voie.

Relativement aux sécrétions, qu'elles soient excrémentitielles ou non, si nous considérons l'arrangement des vaisseaux autour des tubes sécréteurs, ainsi que la structure de ces derniers, nous comprendrons que la sécrétion doit se composer, en réalité, de deux effets : le passage hors des vaisseaux de certains matériaux contenus dans le sang à l'état de dissolution dans une grande proportion d'eau, et, en second lieu, l'élaboration, ou, pour mieux dire, la transformation de certains éléments du sang en produits nouveaux, qui n'existaient pas dans ce liquide.

En effet, tout organe sécréteur se compose de capsules plus ou moins profondes, de vésicules, d'utricules ou de tubes, séparés ou agglomérés sous mille formes différentes; ces capsules, ces utricules ou ces tubes sont constitués par une membrane fondamentale, recouverte intérieurement de cellules à divers degrés de développement (son épithélium), et leur cavité est remplie de cellules analogues et d'autant plus serrées les unes contre les autres, qu'on se rapproche davantage du fond de

l'utricule. Enfin, des vaisseaux sanguins sont en quelque sorte collés contre les parois extérieures des tubes et les accompagnent dans toutes leurs inflexions. Or, ne voit-on pas que les vaisseaux sanguins devront laisser transsuder une partie de leur contenu à travers leur propre tunique et la tunique du tube sécréteur; tandis que les cellules globuleuses, qui sont charriées dans la cavité du tube, auront *peut-être* pour office de transformer quelques-uns des éléments fournis par le sang? Quoi qu'il en soit, il suffit de constater ici que les liquides passent des tubes sanguins dans d'autres tubes, en changeant de nature.

Vitesse du mouvement des liquides.

Le transport du sang d'un point à l'autre de l'économie se fait avec une grande vitesse. On connaît les belles expériences de Hering sur des chevaux : sur dix-huit expériences, le temps employé pour qu'une dissolution de cyanure ferroso-potassique, injectée dans une veine jugulaire, parvînt à la jugulaire du côté opposé, a été de 20 à 25 et de 25 à 30 secondes. Le résultat n'a guère varié, quelle que fût la vitesse des battements du cœur.

M. Poiseuille a aussi expérimenté sur des chevaux, et est arrivé au même résultat; la vitesse a été de 25 à 30 secondes.

Des expériences entreprises par Blake sur d'autres animaux font voir que certaines substances vénéneuses sont transportées avec une rapidité bien plus grande encore : ainsi un grain et demi d'azotate de strychnine, dissous dans un gros et demi d'eau, ayant été injecté dans la jugulaire d'une oie, l'effet devint sensible au bout de 6 ½ secondes, et au bout de 8 secondes l'animal était mort. Un demi-grain de strychnine, injecté dans la veine d'un lapin, détermina des symptômes d'empoisonnement au bout de 4 ½ secondes et la mort en 7 secondes (Müller, *Phys.*, trad. franç.).

Du reste, il est évident, relativement à la vitesse générale de la circulation, que cette vitesse sera d'autant plus grande, que le cercle à parcourir par une molécule sanguine sera moins étendu. Ainsi, comme

le dit M. Müller, le sang qui passe d'un côté à l'autre du cœur par les vaisseaux cardiaques, exigera beaucoup moins de temps que le sang qui se rendrait du cœur gauche au pied, et du pied au cœur droit; d'où il suit que la circulation entre deux moitiés du cœur forme une infinité d'arcades, dont la plus petite est celle que décrivent les vaisseaux du cœur lui-même. Nous ferons remarquer que c'est pour rétrécir autant que possible ce cercle circulatoire, que le cœur est toujours placé tout près du poumon; car il résulte de sa position même que le sang veineux, devenu artériel, revient aussi rapidement que possible au cœur gauche.

Voilà pour la vitesse générale; quant à la vitesse particulière du sang sur tel ou tel point de l'arbre circulatoire, il en sera question plus loin.

Le transport des substances à travers les tissus se fait avec une grande rapidité. Ainsi, M. Magendie injecte dans la plèvre d'un animal une solution alcoolique de noix vomique, et la mort est presque instantanée. M. Müller tend la vessie urinaire d'une grenouille sur un tube en verre, contenant une dissolution de cyanure potassique, puis il étale une petite quantité d'une dissolution de chlorure de fer sur la membrane humide, il retourne le vase, et en moins d'une seconde il voit se produire une tache bleue (Physiol., t. I.er, p. 187). M. Valentin a répété et varié ces expériences; il a obtenu les mêmes résultats, et même, pour quelques membranes, pour la muqueuse intestinale, par exemple, la réaction était presque instantanée, au point que l'œil pouvait à peine distinguer l'instant de la coloration. D'après les calculs de M. Valentin, une membrane qui aurait 27 lignes d'épaisseur, serait traversée en une minute (Physiol., t. I.er, p. 75 et 76).

D'après ces expériences on ne devra plus s'étonner de l'extrême rapidité avec laquelle certaines substances, l'acide hydrocyanique, par exemple, donnent la mort, et on ne sera plus tenté d'expliquer cette mort si prompte par un effet local du poison sur les nerfs; le passage d'une substance aussi volatile à travers une membrane vivante, et surtout le transport de cette substance dans le torrent circulatoire, devront

être encore plus rapides que le transport des matières ordinairement mises en expérience.

Quant à la vitesse des sécrétions, elle dépendra évidemment, tout d'abord, de la vitesse du sang qui se rendra à la glande, et de la nature même de cette dernière, suivant qu'elle sera destinée à servir d'émonctoire, ou suivant qu'elle aura d'autres usages. C'est ainsi que le rein fonctionne habituellement avec une grande énergie et une grande promptitude, parce qu'il est chargé de débarrasser l'économie le plus promptement possible des substances qui pourraient lui nuire. Buvez une certaine quantité d'eau, et surtout de bière, et bientôt, c'est-à-dire au bout de quelques minutes, vous éprouverez le besoin d'uriner. Westrumb a expérimenté que deux à dix minutes suffisent pour qu'on retrouve dans l'urine les traces de sels solubles ingérés dans l'estomac (Müller).

DEUXIÈME PARTIE.

DES CAUSES QUI DÉTERMINENT LES MOUVEMENTS DES LIQUIDES ET DU MÉCANISME DE CES MOUVEMENTS.

CHAPITRE PREMIER.

Des mouvements des liquides à travers les membranes organiques.

Dans l'exposé rapide de la marche des sucs nourriciers que nous avons présenté dans les pages qu'on vient de lire, on a pu voir, d'un côté, que les liquides pénètrent dans les vaisseaux par des routes différentes (absorption intestinale par les veines et par les chylifères; absorption cutanée; absorptions interstitielles), et que, d'un autre côté, ils sortent aussi par différentes voies des même vaisseaux (exha-

lation pulmonaire ou cutanée; exhalations séreuses; sécrétions). Quelle que soit la direction de ce mouvement, il a toujours lieu à travers des membranes.

Si nous avions à rechercher *à priori* la cause de ces phénomènes, nous nous demanderions d'abord s'il peut exister dans les tissus vivants une force particulière, agissant tantôt du dehors au dedans, tantôt dans le sens opposé; ou bien si les liquides eux-mêmes sont doués d'une activité propre et d'une sorte d'intelligence qui les porte à se diriger dans un sens ou dans un autre. Cette dernière hypothèse est insoutenable : en supposant même (ce qui n'est pas), qu'on pût la défendre pour ce qui regarde les liquides qui font déjà partie du corps vivant (sang, chyle et lymphe), on ne pourrait, en aucune manière, l'appliquer aux liquides qui pénètrent du dehors dans l'organisme.

Quant à la première hypothèse, il ne faut pas la rejeter sans examen, car nous apprendrons bientôt à connaître quelques faits qui prouvent que la structure et l'organisation de la membrane exercent une grande influence sur la direction du courant. C'est donc à l'expérience qu'il faut nous adresser pour avoir, s'il est possible, la solution de la question qui nous occupe.

Une observation journalière nous apprend que certains corps, mis en contact avec des liquides susceptibles de les mouiller, se laissent pénétrer par ces liquides au bout d'un temps plus ou moins long : cette propriété des corps, d'être pénétrés par les liquides, se nomme *perméabilité*, et le phénomène lui-même s'appelle *imbibition*.

Un autre phénomène, dont la connaissance est moins vulgaire que celle de l'imbibition, est celui auquel on a donné le nom d'*endosmose*, et qui consiste dans certaines attractions réciproques, mais inégales, que semblent exercer l'un sur l'autre deux liquides de nature différente, séparés par une membrane. Étudions ces deux phénomènes importants, et cherchons à les appliquer au mouvement des liquides à travers les membranes organisées et vivantes.

Article 1.er *De l'Imbibition.*

La propriété qu'ont les corps de se laisser pénétrer par des liquides susceptibles de les mouiller, dépend de la *porosité* de ces corps et s'explique par la *capillarité*.

La porosité, propriété générale de la matière, résulte de la composition des corps eux-mêmes, que nous concevons formés par une agrégation de molécules laissant entre elles des intervalles ou des pores. Ces intervalles communiquant entre eux, nous pouvons nous représenter les corps comme traversés dans tous les sens par des tubes d'une extrême ténuité et infiniment plus déliés que les tubes capillaires qui servent à nos expériences. Or, on sait que ces derniers exercent sur les liquides qui les mouillent et dans lesquels ils sont plongés, une espèce d'attraction, en vertu de laquelle ces liquides s'élèvent dans les tubes au-dessus même du niveau de la surface liquide extérieure. Ces faits, qui suffisent pour expliquer l'imbibition, s'appliquent aux corps organisés comme aux corps inorganiques, et peuvent avoir lieu pendant la vie tout aussi bien qu'après la mort.

Depuis longtemps M. Magendie a mis en évidence l'imbibition des parties vivantes de l'organisme. On doit à M. Œsterlen une grande série d'expériences intéressantes sur le degré d'imbibition que présentent les différents tissus et organes du corps (Roser *und* Wunderlich's *Archiv*, 1842) plongés pendant un certain temps dans différents liquides (eau, eau gommée, sang, etc.); il observa entre autres que le rein et le poumon, dont les fonctions sont si actives pendant la vie, sont aussi remarquables après la mort par leur grande perméabilité. Mais nous croyons que M. Œsterlen va trop loin, quand il semble vouloir supprimer comme inutiles les dénominations d'endosmose et d'absorption. Il ne faut pas oublier que l'imbibition n'affecte que l'épaisseur des tissus, et ne saurait jamais, par exemple, remplir et distendre une vessie fermée, quelque prolongé que soit le séjour de cette dernière dans le liquide.

M. Œsterlen en convient lui-même, quand il dit que dans l'imbibition il n'y a qu'un seul liquide en présence du tissu, tandis que, pour qu'il y ait endosmose, il faut nécessairement deux liquides différents ; et quand plus loin il avoue que dans l'organisme vivant le phénomène de l'absorption ne se borne pas à la simple pénétration du liquide, mais aussi au transport du liquide absorbé.

L'imbibition n'est donc, en réalité, que la première condition du passage des liquides à travers les membranes; elle constitue la première phase du phénomène de l'absorption, de la sécrétion et des actes nutritifs; s'est sous ce point de vue qu'on peut et qu'on doit lui rattachcr l'endosmose; phénomène qui paraît s'expliquer en grande partie, comme nous allons le voir, par la porosité et l'affinité.

Article 2. *De l'Endosmose.*

Depuis la belle découverte de M. Dutrochet, qui date de 1809, l'endosmose a été étudiée par un grand nombre de physiologistes et de physiciens, qui ont cherché à en reconnaître les lois et les applications à la physiologie. Nous rappellerons d'abord quelques-unes des principales expériences de M. Dutrochet, et nous choisirons ensuite parmi les faits établis par d'autres savants, ceux qui nous paraissent les plus propres à expliquer soit l'endosmose elle-même, soit le passage des liquides à travers les membranes dans l'organisme.

1. Des cœcums de jeunes poulets, incomplétement remplis de lait, de solution de gomme, de blanc d'œuf, etc., fermés par une ligature et plongés dans l'eau, ne tardent pas à se gonfler par l'introduction de l'eau dans leur intérieur.

2. Les intestins retournés produisent le même effet.

3. Si l'intestin est rempli d'eau tenant en dissolution 0,02 de son poids de gomme arabique, il se gonfle quand on le plonge dans l'eau pure; il tend, au contraire, à se vider, quand on le plonge dans une dissolution de gomme plus chargée que celle qui le remplit.

4. La solution gommeuse intérieure étant colorée en bleu, l'intestin se gonfle, comme précédemment, et cependant l'eau extérieure se colore.

5. Un tube de verre d'une longueur de 6 décimètres, ayant été ajouté à l'un des cœcums, le liquide s'y éleva peu à peu, et, parvenu à son extrémité supérieure, s'écoula au dehors.

6. Si l'on remplace les cœcums par un *endosmomètre*, tube en verre fermé inférieurement par une vessie et plongeant dans un réservoir d'eau, on obtient les mêmes effets.

7. L'alcool contenu dans l'endosmomètre produit le même résultat que les solutions gommeuses, sucrées ou albumineuses.

Ces expériences suffisent déjà pour établir le fait de l'endosmose. Elles nous font voir, en effet, que deux liquides de nature différente ou à des degrés différents de concentration, séparés l'un de l'autre par une membrane, se pénètrent réciproquement en traversant cette membrane; il s'établit deux courants en sens opposés et de force inégale: le courant le plus fort a reçu le nom d'*endosmose;* le plus faible est connu sous le nom d'*exosmose.*

8. Les membranes végétales, et même des lames très-minces de certaines substances inorganiques très-poreuses (argile cuite, marbre), peuvent remplacer les membranes animales.

9. Avec du taffetas gommé et des dissolutions sucrées ou gommeuses on n'obtient aucun effet.

10. Si la membrane de l'endosmomètre est en caoutchouc, et que le tube contienne de l'alcool, le double courant se manifeste, mais le courant le plus fort a lieu de l'alcool vers l'eau, et non de l'eau vers l'alcool, comme dans les cas ordinaires. Le même effet se produit dans l'expérience précédente, lorsqu'on remplace par de l'alcool la dissolution gommeuse.

Avant d'aller plus loin, nous pouvons déjà chercher à nous rendre compte du phénomène, et montrer qu'il tient, d'une part, à l'affinité de l'un des deux liquides pour la membrane (capillarité), et de l'autre

à l'affinité des deux liquides l'un pour l'autre; et qu'il ne paraît nullement nécessaire de mettre ici en cause l'électricité.

Nous savons que l'alcool est très-avide d'eau; il agit sur les parties animales en soustrayant l'eau qui les imprègne, et resserre ainsi leurs tissus. On peut donc dire que l'alcool *mouille difficilement* les tissus animaux. L'eau, au contraire, les imbibe, les pénètre avec la plus grande facilité. Si donc une membrane animale sépare l'eau de l'alcool, nous pouvons nous représenter l'eau comme formant dans l'épaisseur de la membrane une multitude de petites colonnes ou de tubes capillaires, qui dépassent le niveau supérieur de cette membrane et viennent rencontrer l'alcool, avec lequel elles se mêlent. De nouvelles colonnes d'eau venant remplacer sans cesse celles qui se sont mêlées à l'alcool, le volume du liquide de l'endosmomètre doit nécessairement augmenter, et ce liquide doit monter dans le tube. Mais l'alcool, de son côté, se mêle peu à peu aux petites colonnes aqueuses et capillaires de la membrane, et arrive ainsi dans le réservoir (exosmose). Le courant de l'eau vers l'alcool n'est donc le plus fort que parce que la membrane est plus perméable à l'eau que l'alcool.

Le même raisonnement pourra s'appliquer aux solutions gommeuses, sucrées, albumineuses; car ces dernières sont moins susceptibles de pénétrer la membrane que l'eau pure.

Le fait du taffetas gommé et du caoutchouc, qui paraît étrange au premier abord, s'explique avec la même facilité. Ces deux substances sont imperméables à l'eau, mais elles sont perméables à l'alcool. Ce dernier liquide traversera donc la membrane et jouera ici le même rôle que l'eau dans les expériences précédentes; c'est-à-dire que les tubes capillaires remplis d'alcool se mêleront à l'eau dès qu'ils seront en contact avec ce liquide, tandis que, d'un autre côté, les tubes d'abord purement alcooliques, deviendront peu à peu aqueux dans toute leur étendue.

Il y a donc toujours un des deux liquides qui doit, si je puis m'exprimer ainsi, frayer la voie; si les deux liquides ont le même degré

d'affinité pour la membrane, il n'y aura pas de courant; si l'un des deux a plus d'affinité que l'autre, le courant le plus fort aura lieu du premier vers le second.

Ainsi, encore une fois, l'endosmose peut s'expliquer par la capillarité et l'affinité, sans le secours de l'électricité; c'est ce que M. Poisson a déjà démontré en 1826, par d'autres considérations (Journal de Magendie, tome VI, page 361).

On trouve dans l'article absorption (*Aufsaugung*) du Dictionnaire de physiologie publié par M. R. Wagner, des recherches et des considérations intéressantes sur l'endosmose par M. Kürschner. On lira aussi avec intérêt les expériences et les observations de M. Valentin sur le même sujet (Physiol., t. I.er, p. 63 et suiv.). Nous regrettons que les limites de ce travail nous empêchent de reproduire les faits rapportés par ces deux physiologistes.

Les expériences plus récentes de MM. Matteucci et Cima (Annales de chimie et de physique, 1845) s'appliquent directement au sujet qui nous occupe, parce qu'elles font voir l'influence qu'exercent sur la direction du courant l'état physiologique de la membrane et la nature des surfaces en contact avec l'un ou avec l'autre des deux liquides.

Les auteurs ont employé, d'une part, des peaux de grenouille, d'anguille, de torpille, et des estomacs de divers animaux, et, d'un autre côté, de l'eau sucrée, du blanc d'œuf, de la gomme arabique et de l'alcool; ils ont toujours mis ces substances dans l'endosmomètre, et l'eau pure dans le réservoir extérieur; enfin, ils ont eu l'idée ingénieuse de changer la position de la membrane de manière à ce que, dans un appareil, la face externe fût tournée vers l'intérieur de l'endosmomètre, tandis que la disposition inverse avait lieu dans l'autre appareil. Ils ont vu que, les liquides étant les mêmes dans les deux appareils, la colonne de l'endosmomètre s'élevait plus haut, quand la surface externe de la membrane était tournée vers l'intérieur du tube; la hauteur de la colonne était, par exemple, de 30 millimètres dans un cas, et de 18, ou même seulement de 6 millimètres dans l'autre, quand ils opé-

raient sur des peaux d'animaux en présence d'une solution de gomme arabique. Pour les estomacs, la hauteur, dans le premier cas, était de 72 millimètres, et de 56 dans le second. Mais la force du courant n'était pas la même, quelle que fût la nature des liquides; ainsi, pour l'alcool, le courant le plus fort avait lieu quand la surface interne (et non pas l'externe, comme dans les cas précédents) était tournée vers l'intérieur de l'endosmomètre; il en était de même pour la solution de blanc d'œuf. Enfin, les résultats ont aussi varié, suivant que les estomacs employés avaient appartenu à telle ou à telle autre espèce animale.

Quoiqu'on ne puisse pas encore tirer des conséquences bien précises de ces diverses expériences pour l'explication des phénomènes qui nous occupent, on remarquera cependant que ces recherches pourront avoir, par la suite, une très-haute portée, puisqu'elles font voir, contrairement aux expériences de M. Dutrochet, l'influence qu'exerce telle ou telle surface sur l'élévation de la colonne liquide.

MM. Matteucci et Cima ont constaté, en outre, que l'endosmose était étroitement liée à l'état physiologique des membranes; quand ces dernières étaient sèches ou altérées, il n'y avait plus de différence dans l'élévation de la colonne, et quelquefois même il n'y avait plus d'endosmose. Cette dernière remarque nous permet d'apprécier le degré de valeur des expériences qui ont été faites pour prouver l'imperméabilité absolue de l'épiderme.

Peut-on maintenant, à l'aide des données qui précèdent, *expliquer* le passage des liquides à travers les membranes dans l'économie vivante? Rappelons-nous d'abord que les conditions physiques sont les mêmes: nous avons, dans l'organisme, des liquides de nature diverse et à des degrés de concentration différents; des membranes poreuses séparent ces liquides les uns des autres, et ces membranes ont tantôt leur surface interne (muqueuse), tantôt leur surface externe (peau) tournée vers le liquide qui doit être absorbé. Pourquoi le phénomène de l'endosmose n'aurait-il pas lieu? Rien, en réalité, ne nous autorise à nier

son existence. Mais, dira-t-on, l'endosmose expliquera-t-elle la marche progressive des fluides? Ici encore nous prierons le lecteur de ne pas perdre de vue que toutes les parties du corps sont composées d'éléments variés et complexes; que dans une étendue très-restreinte nous avons des vaisseaux sanguins, des vaisseaux lymphatiques, des cellules et un parenchyme dont les interstices sont baignés par le suc nourricier: or, d'une part, le degré de concentration de tous ces liquides n'est pas le même; d'un autre côté, les liquides circulent dans les tubes, ils enlèvent donc, à mesure qu'ils passent, les produits qui ont traversé les membranes, et à chaque instant, dans un point donné, arrivent de nouvelles colonnes, qui agissent à leur tour comme les précédentes; les rapports entre les liquides en contact sont donc sans cesse renouvelés, et c'est de ce renouvellement continuel que résulte la continuité du passage.

Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, le sang est plus concentré que le chyle, et surtout que le chyle des radicules chylifères; il aura donc une plus grande tendance à absorber l'eau : mais si les liquides du tube intestinal sont chargés de substances protéiques en dissolution, ces liquides seront attirés de préférence par les radicules chylifères, dont le contenu est très-aqueux. Cette explication repose sur l'observation qu'on a faite que, lorsque l'endosmose s'exerce sur des liquides de concentration différente, le courant est d'autant plus rapide et d'autant plus fort que la différence de concentration est plus grande (Dutrochet).

On voit donc, en résumé, que le passage des liquides à travers les membranes, dans l'organisme, s'explique d'une manière satisfaisante par les lois de l'endosmose; mais que le mouvement progressif de ces liquides suppose, de toute nécessité, l'activité de l'organisme lui-même; activité sans laquelle les mouvements seraient restreints aux limites marquées par l'équilibre des fluides en contact.

CHAPITRE II.

Des mouvements des liquides dans les tubes organiques.

Nous avons vu que les liquides contenus dans les vaisseaux ont un double mouvement : un mouvement centripète, qui porte ces liquides vers l'organe respiratoire, et un mouvement centrifuge, qui rapporte aux organes le fluide nourricier doué de ses propriétés vivifiantes. Les tubes dans lesquels se meuvent les liquides dont il est ici question, sont connus sous les noms de vaisseaux chylifères, vaisseaux lymphatiques, veines et artères. Mais de plus, les liquides sécrétés se meuvent aussi dans des tubes : ce sont leurs canaux de sécrétion et leurs conduits excréteurs.

Nous aurons donc à nous occuper des mouvements des liquides dans les vaisseaux proprement dits, puis nous dirons quelques mots de leurs mouvements dans les glandes et dans leurs conduits excréteurs.

Première Section. **Mouvements des liquides dans les vaisseaux.**

Article 1.er *Du cœur, comme agent principal de la circulation sanguine.*

Le cœur est l'organe chargé d'imprimer au sang l'impulsion primitive; il est la cause première et la cause la plus énergique du mouvement du sang dans tout l'appareil circulatoire; il est chargé en outre de diriger le cours de ce liquide et de le répandre dans toute l'économie d'une manière régulière et harmonique.

Dirons-nous que dans ces derniers temps quelqu'un s'est plu à refuser au cœur cette force d'impulsion qu'il est si facile de constater, et à lui substituer des forces attractives provenant de la respiration, de la capillarité et de la nutrition (Gaz. médic. de Paris, 1843, p. 587 et 652). Si nous rappelons cette singulière théorie, c'est pour montrer jusqu'à

quel point on peut se laisser égarer par des idées spéculatives, quand on quitte la voie de l'observation.

On peut déjà se faire une idée de la force du cœur par l'examen de sa structure : il est le seul muscle de la vie organique qui soit entièrement et exclusivement composé de fibres striées, c'est-à-dire de ces fibres qui caractérisent les muscles proprement dits; les faisceaux, au lieu d'être plus ou moins parallèles entre eux, sont entrelacés de manière à constituer des réseaux à mailles étroites et serrées; disposition favorable à la force et que nous retrouvons à un très-haut degré dans la trompe de l'éléphant. Du reste les masses musculaires sont inégalement réparties dans l'organe, suivant la force nécessaire à chacune de ses divisions : les oreillettes sont moins musculeuses que les ventricules, et l'on sait quelle différence il existe entre le ventricule veineux et le ventricule artériel, sous le rapport de l'épaisseur de leurs parois.

D'autres arrangements ont été pris pour assurer l'ordre des contractions de l'organe et la direction de ses mouvements. Des plans musculaires réunissent, d'une part, les deux oreillettes, d'un autre côté, les deux ventricules, afin de provoquer la synergie de leurs mouvements; tandis que des fibres disposées en spirale, et qui prennent leur point d'appui autour des orifices auriculo-ventriculaires, forment la plus grande partie de la masse des ventricules et dirigent la contraction de la pointe de l'organe à sa base.

Les évaluations relatives à la force du cœur ont singulièrement varié : tandis que Borelli estimait cette force au chiffre énorme de 180,000 livres, Keill la réduisait à 5 onces, et Hales l'estimait à 51 livres (Poiseuille, thèse inaug.). Ces variations proviennent de ce que Borelli cherchait à évaluer la dépense de forces du cœur, tandis que Keill étudiait sa force dynamique et Hales sa force statique. C'est aussi la force statique du cœur que M. Poiseuille a eu pour but d'examiner dans ses recherches sur la force de cet organe. Au moyen d'un instrument particulier, imaginé par lui et auquel il a donné le nom d'*hémodynamomètre*, il a pu constater d'abord un fait capital, c'est que la

hauteur à laquelle s'élevait le mercure dans ce tube était la même pour toutes les artères, à quelque distance du cœur que l'on fît l'expérience. Ce fait était de nature à faciliter singulièrement la solution du problème; il aurait fallu, en effet, pour avoir la force du cœur aortique, déterminer la hauteur à laquelle le sang s'élèverait dans un tube vertical appliqué à l'aorte, et multiplier cette hauteur par l'aire de l'aorte à sa naissance : on aurait eu de cette manière le volume d'un liquide dont le poids aurait donné la force cherchée. Dès qu'il est constaté, au contraire, que deux tubes appliqués simultanément à deux artères inégalement distantes du cœur, donnent des hauteurs égales, il suffit d'appliquer l'instrument à une artère quelconque, et de multiplier la hauteur du mercure par l'aire de l'aorte mesurée à la sortie du cœur.

Cependant les recherches qui précèdent n'étaient jusqu'alors applicables qu'aux animaux. Or, M. Poiseuille fit cette autre observation non moins importante que les précédentes pour l'estimation de la force du cœur chez l'homme : il vit que les pressions obtenues en expérimentant sur des animaux de taille très-différente, n'étaient pas en rapport avec le poids du cœur. Ainsi, le cœur d'un chien pesant 3 onces 7 gros, donna dans le tube 147,36 mill., et le cœur d'un cheval pesant 6 livres 12 onces, ne donna que 146,68 mill., d'où il résulte que la force qui pousse le sang dans l'aorte n'est pas plus considérable dans un cheval que dans un chien. Cet étrange résultat, révoqué en doute par M. Kürschner, a été confirmé par M. Spengler (Müller's *Archiv*, 1844); ce dernier en a même donné une explication qui me paraît assez plausible. Les causes, dit M. Spengler, qui déterminent la tension dans les artères, sont la force du ventricule, son contenu, le degré d'élasticité des artères et la résistance des capillaires; or, si ces différentes circonstances sont entre elles dans des proportions déterminées, si, par exemple, les circonstances qui donnent la résistance sont en rapports égaux avec celles qui produisent la force, les quotients doivent être égaux; or, l'auteur fait voir que le poids du cœur est en rapport avec le contenu des ventricules.

Enfin M. Poiseuille a constaté dès oscillations dans la colonne mercurielle, et conséquemment dans la force du cœur, d'après les mouvements respiratoires. Pendant l'inspiration, la colonne baissait, elle montait au contraire pendant l'expiration, et indiquait ainsi une force plus grande du ventricule; il fallait donc, pour avoir la hauteur exacte de la colonne, prendre la moyenne entre deux colonnes extrêmes.

C'est à l'aide de ces différentes données que M. Poiseuille a pu, sans commettre d'erreurs notables, estimer la force statique du cœur de l'homme d'après celle des animaux. Les points extrêmes de l'ascension du mercure ont été de 182,05 mill. sur un cheval, et de 141,40 sur un chien. Prenant la moyenne pour l'homme, c'est-à-dire 160 mill. environ, et calculant la surface de l'aorte à sa naissance sur un adulte, M. Poiseuille a évalué à 1,971779 kil., ou 4 livres 3 gros 43 grains la force statique du sang dans l'aorte au moment où le cœur se contracte.

Ces résultats ont été vérifiés un grand nombre de fois par M. Magendie, dans ses cours au Collége de France, et par M. Valentin (Phys., t. I.er, p. 442).

Le cœur, comme les muscles du tube intestinal, comme les fibres contractiles des canaux excréteurs des glandes, est doué d'un mouvement rhythmique qui constitue ses battements. Quelle que soit la différence qui existe entre ce mouvement et le mouvement péristaltique des intestins, ils doivent cependant se rapporter l'un et l'autre à la même catégorie, comme on peut s'en assurer en observant les contractions et les dilatations successives des diverses parties du cœur des grenouilles, et surtout les mouvements du cœur dans l'embryon.[1]

Nous n'insisterons pas sur les caractères de ce rhythme : on sait que la systole des deux oreillettes précède la systole également simultanée

---

1. M. Hope décrit la contraction de l'oreillette comme un véritable mouvement vermiculaire, qui commençe à l'appendice et se propage vers le ventricule. (Dict. de méd., t. 8, art. *Cœur*.)

des ventricules, et que la contraction et la dilatation des deux premières cavités alternent avec les mêmes mouvements des cavités ventriculaires; on sait aussi qu'il existe entre un mouvement complet du cœur et celui qui vient après, un temps de repos, très-court à la vérité, mais qu'on apprécie facilement.

Pendant la systole ventriculaire le cœur se raccourcit, exerce un léger mouvement de torsion de droite à gauche[1], en même temps que sa pointe se redresse et vient frapper la paroi thoracique; pendant la diastole, au contraire, la pointe retombe, et la base du ventricule est comme soulevée et légèrement portée en avant. La cause de ce mouvement du cœur pendant la contraction des ventricules doit être attribuée tout à la fois à la disposition des fibres musculaires, au redressement des gros vaisseaux et à la réplétion des oreillettes pendant la systole ventriculaire; mais de toutes ces causes, la plus importante sans doute est la structure même du cœur, puisqu'on observe ce mouvement de redressement quand l'organe est détaché du corps.

On s'est demandé et on se demande encore, si le cœur est actif pendant la diastole? La question paraît devoir être résolue par la négative. C'est pendant la systole que le cœur réagit contre la main qui le presse. Si on le charge d'un poids qui suffise pour l'aplatir, sans trop le comprimer, ce poids n'est soulevé que pendant la contraction, le cœur demeure plat pendant la dilatation des ventricules (Œsterreicher, cité par Müller, Physiol.).

Nous venons d'exposer quelques-uns des principaux faits qui se rattachent aux mouvements du cœur, en tant qu'ils sont appréciables à l'extérieur. Il nous reste à parler des dispositions intérieures de cet organe, dispositions qui ont trait à la direction imprimée au sang.

Un appareil de valvules dont MM. Kürschner (*Handwörterbuch der Physiol.*) et Valentin (Physiol.) ont fait connaître en détail la structure

1. D'après M. Valentin ce mouvement de rotation n'est pas aussi constant qu'on le croit généralement.

remarquable, est disposé autour des orifices auriculo-ventriculaires et à l'origine des artères. Les unes (valvules tricuspide et mitrale) sont des toiles fibreuses, composées de plusieurs lobes, auxquels tiennent de petites cordes tendineuses fixées, par leur extrémité opposée, aux colonnes charnues du ventricule correspondant; ces petits tendons ne s'attachent pas seulement au bord libre des valvules, plusieurs d'entre eux vont se fixer à leur face inférieure, et s'étalent en rayonnant dans l'épaisseur même de la valvule, afin de la tendre d'une manière plus exacte. Les fibres musculaires, décrites par Kürschner dans ces valvules, n'ont pas été vues par Palicki, Reid ni Baumgarten, qui se sont occupés spécialement de l'étude de ces organes. Les autres valvules sont disposées comme de petits sacs, de forme semi-lunaire, autour de l'entrée des artères aorte et pulmonaire.

Ces organes remplissent l'office de soupapes qui ferment avec la plus grande exactitude les orifices autour desquels ils sont disposés, et qui fonctionnent à la manière des soupapes de nos pompes. De même, en effet, que dans ces instruments, la soupape qui sépare le réservoir du corps de la pompe, s'abaisse quand le piston descend, pour empêcher le liquide de rétrograder; de même ici, quand le ventricule se contracte, les valvules se tendent au devant de l'orifice auriculaire et le ferment exactement; quand, au contraire le piston s'élève pour déterminer l'entrée d'une nouvelle quantité d'eau, c'est la soupape du tuyau de conduite qui est fermée par le reflux du liquide de ce tuyau, comme aussi, dans notre pompe vivante, le reflux du sang des deux grosses artères, au moment de la diastole, abaisse les valvules semi-lunaires et les applique contre l'orifice du vaisseau.

Le sang suit donc une marche qui lui est tracée d'avance par la disposition des valvules ; M. Valentin a calculé qu'une très-faible pression suffit pour fermer ces soupapes, en sorte que, les mouvements du cœur viennent-ils à s'affaiblir, cette pression est encore suffisante pour assurer le jeu des valvules jusqu'aux derniers instants de la vie (Physiol., tome Ier).

Pendant que le cœur exécute ses mouvements alternatifs de contraction et de dilatation, l'oreille, appliquée contre les parois de la poitrine, perçoit deux bruits distincts, qui accompagnent chaque pulsation. On a beaucoup discuté sur la cause de ces bruits, et l'on a fait tour à tour jouer un rôle au choc du cœur contre les parois du thorax, au mouvement du sang, aux mouvements des valvules et même à la contraction musculaire. Nous n'entreprendrons pas de reproduire ces diverses théories, nous dirons seulement que l'opinion qui réunit aujourd'hui le plus de partisans est celle qui fait consister le premier bruit dans l'expansion des valvules veineuses, tandis que le second bruit est expliqué par l'abaissement des valvules artérielles.

Quelle est la cause qui sollicite le cœur à se contracter? Doit-il cette propriété à l'action du sang, à celle des nerfs, ou bien trouve-t-il en lui-même la raison de son irritabilité? L'état actuel de nos connaissances ne nous permet pas encore de donner une solution définitive de cette question difficile. On sait que le cœur extrait d'un animal vivant continue à battre pendant un temps plus ou moins long; la présence du sang dans son intérieur n'est donc pas une condition indispensable de ses mouvements. D'un autre côté, l'ablation du cœur n'entraîne aucune conséquence négative relativement à l'action des nerfs, puisque ces derniers pénètrent dans la substance propre de l'organe. Remak a même décrit et figuré des ganglions situés sur le trajet des filets nerveux, dans l'épaisseur de la substance charnue du cœur (Müller's *Archiv*, 1844). Cette intéressante observation, tout importante qu'elle paraisse être pour expliquer la continuation des battements après la séparation de l'organe, ne suffit pas encore pour prouver que la présence des nerfs est indispensable à la production des contractions. Il faudrait pouvoir anéantir d'une manière complète l'influence nerveuse et voir ensuite si les fibres musculaires seraient encore susceptibles de se contracter spontanément ou sous l'influence des irritants mécaniques ou galvaniques. Quelques expériences de M. Longet sur les nerfs des muscles de la vie animale (Anat. et phys. du syst. nerv., t. I.er,

p. 61 et suiv.) semblent parler en faveur de l'irritabilité musculaire dans le sens que Haller attribuait à ce mot; mais je crois qu'il est prudent d'attendre encore de nouveaux faits avant de se prononcer. Nous sommes malheureusement trop habitués, en physiologie, à voir détruire le lendemain l'ouvrage de la veille, pour que nous puissions, même après des faits qui paraissent bien établis, nous prononcer immédiatement en leur faveur. Les faits sont comme des matériaux mis en réserve; on ne doit les employer, pour construire, que lorsque le temps et l'expérience en ont démontré la valeur.

Article 2. *Du mouvement du sang dans les artères.*

Les artères sont des tuyaux élastiques et contractiles, chargés de conduire et de transmettre aux organes le sang que leur envoïent les ventricules du cœur : ce sont les tuyaux de conduite de la double pompe vasculaire.

Ces vaisseaux se distinguent surtout des veines par l'existence d'une couche épaisse de fibres élastiques et annulaires, qui constituent leur tunique moyenne, et qui ressemblent, par leur couleur et leur structure, aux fibres des autres tissus élastiques. Mais, en outre, M. Henle a découvert, dans les tuniques des artères, des fibres d'une autre nature, solubles dans l'acide acétique, et que cet anatomiste compare aux faisceaux musculaires organiques de l'intestin. Ces fibres contractiles sont en partie mélangées aux fibres élastiques, ou situées en dedans de ces dernières, entre elles et la tunique interne. Les artères, comme tous les vaisseaux, sont revêtues intérieurement d'un épithélium en pavé, qui leur donne cet aspect lisse et comme séreux qu'on leur connaît.

Les artères, dans leur disposition générale, se divisent en branches, en rameaux, en ramuscules, de manière à représenter dans leur ensemble un vaste cône dont la base est à la périphérie, et dont le sommet répond au cœur; ce cône est composé lui-même d'une infinité de cônes

secondaires. Dans leurs rapports avec les organes, ces vaisseaux présentent des variations nombreuses relativement à leur calibre proportionnel, aux ouvertures de leurs angles, à leurs inflexions, leurs sinuosités, leurs courbures, leurs anastomoses, suivant les besoins ou les fonctions de l'organe auquel ils se distribuent.

Le sang qui marche dans une artère, poussé par les contractions du cœur, s'y meut avec une vitesse décroissante à mesure qu'il approche des capillaires. Ce ralentissement est dû surtout à la disposition des artères elles-mêmes; car la somme des divisions artérielles l'emportant sur le diamètre des troncs, le courant du liquide doit nécessairement se ralentir, de même que la vitesse d'un fleuve se ralentit à mesure que son lit devient plus large[1]. Mais il faut joindre à cette cause le frottement que le liquide exerce contre les parois des vaisseaux; frottement très-faible d'abord, à la vérité, mais qui doit augmenter à mesure que les tubes se rétrécissent. Quant à la pression du liquide contre les parois des vaisseaux, elle devrait faire perdre au sang une partie de la force avec laquelle il est poussé; mais l'élasticité des artères se comporte ici comme une force accessoire, qui vient en aide à la force d'impulsion du cœur, et qui restitue au liquide sanguin celle qu'il a perdue. A chaque ondée de sang poussée par le ventricule, l'artère, en raison de la résistance qu'oppose la masse sanguine, se dilate, ainsi que l'ont fait voir M. Poiseuille, à l'aide d'un instrument particulier (Journal de Magendie, t. IX) et M. Flourens, au moyen d'une lame d'acier très-mince, formant un anneau brisé, susceptible d'embrasser exactement l'artère (Annales des sciences nat., 2.e s., t. VII). L'artère distendue revient sur elle-même

1. M. Paget prétend que l'opinion généralement reçue ne s'applique qu'aux vaisseaux de la partie supérieure du corps, et qu'au contraire la circulation est accélérée dans les membres inférieurs. D'après cet auteur, si l'on représente par 1 l'aorte abdominale, la somme des branches de celle-ci ne donne que 0,893; tandis que la crosse de l'aorte étant égale à 1, la somme de ses branches est de 1,055 (Müller, Phys., t. Ier, p. 148). Il est permis de douter de l'exactitude de ces mesures et conséquemment des résultats qu'elles ont fournis.

en vertu de son élasticité, comprime la colonne sanguine et la pousse un peu plus loin; le même phénomène de dilatation et de resserrement se répète de distance en distance sur toute la longueur du vaisseau, de sorte qu'on peut se représenter l'artère comme offrant une série alternative de renflements et d'étranglements, qui courent comme des ondes dans la direction du mouvement du sang.

Ainsi la force d'impulsion du cœur se maintient dans les artères, à cause de la réaction de leurs parois; c'est pour cette raison que la hauteur de la colonne mercurielle dans l'hémodynamomètre est à peu près la même sur tous les points de l'arbre artériel.

La force statique avec laquelle le sang se meut dans une artère, pourra donc être établie, si l'on connaît le diamètre de cette artère; car alors il suffira d'évaluer la surface du cercle dont le diamètre est donné, et de multiplier le nombre obtenu par la hauteur du cylindre de mercure; voici du reste l'énoncé du théorème, tel qu'il a été posé par M. Poiseuille :

La force totale statique qui meut le sang dans une artère, est exactement en raison directe de l'aire que présente le cercle de cette artère, ou en raison directe du carré de son diamètre, quel que soit le lieu qu'elle occupe.

L'élasticité des artères ne sert pas seulement à restituer au sang la force d'impulsion que la résistance lui a fait perdre; elle sert aussi, comme l'a surtout fait voir M. Magendie, à rendre le jet continu-saccadé. Si les artères n'étaient pas élastiques, le sang n'arriverait que par saccades, par secousses interrompues, à cause du mouvement rhythmique du cœur. Les parois artérielles, par leur élasticité, remplissent ici les mêmes usages que le réservoir d'air adapté aux tuyaux de conduite des pompes à feu. Quand le piston s'abaisse, le liquide comprime l'air du réservoir; quand il s'élève, ce fluide élastique cherche à reprendre son volume primitif : il presse sur la colonne liquide du tuyau de conduite et rend ainsi le jet continu.

Les artères sont aussi contractiles, ainsi que l'ont démontré les expé-

riences et la structure anatomique. L'eau froide (Schwann, Thomson), le sel de cuisine (Wedemeyer) déterminent un resserrement considérable des artères du mésentère chez les grenouilles; ces deux substances arrêtent, comme on sait, les hémorrhagies des petites artères; l'ammoniaque, l'essence de térébenthine, les cantharides, produisent la contraction des artères de la membrane natatoire chez les mêmes animaux (Thomson, Hastings); les artères d'un animal mis à mort par hémorrhagie se resserrent à mesure que diminue la colonne sanguine qui les maintenait distendues (Parry); après la mort la contraction cesse, mais non l'élasticité, et l'artère reprend son ampleur normale (voy. Henle, Anat. génér., t. 2, p. 45). Cette propriété paraît tenir à l'existence de fibres autres que des fibres élastiques, que M. Henle a découvertes dans les tuniques des vaisseaux et dont nous avons déjà parlé. Il est vrai qu'on ne peut pas démontrer d'une manière absolue, par l'inspection microscopique, la nature de ces fibres; mais la manière dont elles se comportent avec les réactifs, et les phénomènes de contraction que présentent les artères dans certaines circonstances, suffisent pour confirmer nos déterminations. « Il ne faut pas, dit M. Henle, attacher une importance trop grande à la ressemblance morphologique de deux tissus; on ne dira pas d'un organe qu'il est contractile, parce qu'il est formé de fibres analogues aux fibres musculaires; mais plutôt on appellera musculaires les fibres que l'on rencontre dans les tissus contractiles. » (*Zeitschr.*, I, 251.)

C'est dans les petits vaisseaux que la contractilité paraît agir plutôt que l'élasticité; les couches extérieures ou élastiques diminuant plus rapidement que les intérieures, à mesure que l'artère diminue de calibre, les couches contractiles sont à peu près les seules qui persistent dans les très-petites artères.

Cette propriété des tuniques vasculaires semble servir à régulariser la répartition du sang dans les organes, en y laissant arriver, suivant les circonstances, une quantité plus ou moins grande de ce liquide : le sang, animé par le cœur d'un mouvement progressif uniforme, coule

ici avec plus de rapidité, là avec plus de lenteur, et parcourt en plus grande masse, tantôt une voie, tantôt l'autre, parce que la lumière des tubes est susceptible d'un changement vital de son diamètre (Henle; Anat. gén., t. II, p. 45).

Les liquides pressant également dans tous les sens, la direction des artères et les angles qu'elles font entre elles, en se divisant, ne doivent pas exercer une influence bien marquée sur la vitesse du mouvement. Cependant il n'en est pas de même quand il existe des courbures considérables, surtout lorsque ces courbures sont situées dans un canal inflexible et ne peuvent pas être redressées par le jet du liquide, comme cela se voit, par exemple, dans le canal carotique. Ici la vitesse devra être ralentie; aussi s'accorde-t-on généralement à regarder les inflexions de l'artère carotide, dans son passage à travers les os du crâne, comme servant à diminuer la violence de l'abord du sang au cerveau. L'artère vertébrale aussi ne pénètre dans le crâne qu'après plusieurs inflexions. Dans plusieurs groupes de mammifères (ruminants, pachydermes) l'artère carotide, à son entrée dans la boîte crânienne, se divise en une multitude de rameaux déliés, qui forment une sorte de plexus vasculaire autour de la selle turcique (*rete mirabile*). Dans les animaux hibernants, la carotide traverse la caisse du tympan, et décrit de nombreux détours (Otto). Enfin les glomérules de Malpighi, formés par des artérioles extrêmement ténues et comme pelotonnées, sont encore des dispositions particulières prises pour ralentir la marche du sang dans un but fonctionnel (la séparation de l'urine).

L'impulsion donnée par le cœur au sang qui coule dans les artères, jointe à la réaction de celles-ci, détermine dans ces vaisseaux des mouvements de dilatation, d'élongation et de déplacement (locomotion). La dilatation est un fait positif, nous en avons déjà parlé; l'élongation de l'artère (succussion de M. Flourens) est un mouvement qui pousse l'artère d'arrière en avant et la ramène d'avant en arrière; M. Flourens s'est assuré que ce mouvement est très-visible sur la carotide (Ann. des sc. nat., 2.e série, t. VII). Quant au déplacement,

il se manifeste par le redressement des courbures, des flexuosités artérielles, et se voit surtout très-bien aux artères mésentériques (Flourens). Le pouls, ou le battement des artères senti par le doigt, est dû surtout à la dilatation du vaisseau, peut-être aussi à son déplacement. Le pouls, dans toutes les artères, n'est pas parfaitement isochrone avec les battements du cœur : cela se conçoit facilement, à cause du mouvement ondulatoire dont il a été question plus haut, mouvement très-rapide sans doute, mais qui doit cependant employer un certain temps pour arriver jusqu'aux extrémités de l'arbre artériel. Les pulsations des artères éloignées du cœur devront donc éprouver un certain retard; on a estimé ce retard à $\frac{1}{6}$ ou $\frac{1}{7}$ de seconde environ pour les artères radiale et métatarsienne (Valentin).

Article 3. *Du mouvement du sang dans les capillaires.*

Le système des vaisseaux capillaires est sans contredit la partie la plus importante de tout le système vasculaire sous le point de vue physiologique, puisque c'est dans les interstices de ces vaisseaux que se passent tous les phénomènes de nutrition.

Les vaisseaux capillaires sont remarquables par leur ténuité, par leur disposition rétiforme et par l'uniformité du diamètre des tubes qui les constituent, du moins dans un même organe. On en a trouvé, dans le cerveau, qui n'avaient que 0,002 lignes de diamètre (Henle). Il paraîtrait même qu'il en existe de plus fins encore, à en juger par les injections de MM. Doyère, de Quatrefages, et par celles de M. Lambotte, qui sont parvenus à remplir, sur le chien, des capillaires de 0,001 millim., c'est-à-dire plus petits que les globules du sang, qui n'ont pas moins de $\frac{1}{150}$ (0,006 de millimètre) dans cet animal (Ann. des sc. nat., 3.e sér., t. III, p. 285).

Les réseaux que forment les capillaires sont plus ou moins serrés, suivant les besoins de l'organe auquel ils appartiennent; les mailles de ces réseaux, très-étroites en effet dans les poumons, la peau, les mu-

queuses, les cartilages d'ossification, et en général dans les organes en voie d'accroissement, sont, au contraire, très-distantes dans les organes qui se nourrissent peu : les ligaments, les tendons, les os, les cartilages permanents, etc. Ces réseaux ou les tubes qui les forment, ne se répandent jamais sur les parties élémentaires elles-mêmes (si l'on en excepte les cellules adipeuses et glandulaires), ces parties étant plus petites que les tubes capillaires, mais ils entourent les faisceaux primitifs ou secondaires qui résultent de la réunion des fibres primitives et s'étalent au-dessous des couches de cellules qui constituent les épithéliums.

La force d'impulsion du cœur, soutenue par l'élasticité des artères, est la cause du mouvement du sang dans ces tubes. M. Magendie lie la cuisse d'un chien, sans y comprendre l'artère, ni la veine crurale; puis il fait la ligature de celle-ci, le sang s'accumule derrière la ligature, jaillit quand on pique la veine, s'arrête quand on comprime l'artère, et recommence à jaillir dès qu'on cesse la compression. Cette expérience est décisive, et c'est avec raison que M. Magendie s'élève contre l'hypothèse qui limiterait aux capillaires la force du cœur et voudrait attribuer au sang lui-même une force propulsive, qui le ferait cheminer vers les veines. On ne saurait, dans cette circonstance, s'appuyer sur l'observation des animaux inférieurs, parce qu'il n'y aurait aucune parité dans la comparaison, et d'ailleurs, comme le fait très-bien remarquer M. Müller, si le sang des capillaires était doué d'une force propre, il ne saurait avoir par lui-même de direction déterminée : il faudrait donc qu'il fût attiré par les capillaires; mais alors il y séjournerait et l'on ne pourrait expliquer son passage dans les veines.

Une circonstance qui semblerait faire croire, non pas à une force propulsive du sang, mais à une action particulière des capillaires eux-mêmes sur le liquide sanguin, c'est le mouvement qui continue toujours pendant quelque temps dans ces tubes, lorsqu'on détache du corps d'un animal vivant une partie riche en capillaires et assez mince pour être observée au microscope. J'ai vu très-distinctement sur des

lambeaux de muqueuse détachés de l'utérus d'un lapin en gestation, les mouvements du sang continuer pendant plus de dix minutes dans les capillaires de cette membrane; ces mouvements étaient lents, très-irréguliers, et étaient dus sans aucun doute à la contractilité de ces petits vaisseaux, sollicités à se resserrer par l'action de l'air ou de l'eau qui les baignait. Il ne faut pas oublier que dans ces pièces détachées du corps les capillaires présentent un grand nombre d'ouvertures béantes, par lesquelles le sang cherche à s'échapper, tandis qu'il stagne dans les tubes qui sont restés intacts.

Nous n'avons donc aucune raison pour croire que les capillaires sont doués d'une force d'impulsion quelconque, et nous admettons avec MM. Müller, Poiseuille, Valentin, etc., que la force du cœur et l'élasticité des artères suffisent pour déterminer le passage du sang à travers ces tubes organiques.

Nous avons déjà vu que le courant sanguin diminue de vitesse à mesure qu'il s'avance vers les terminaisons des artères. Ce ralentissement est encore plus considérable dans les capillaires, car il s'écoule beaucoup plus de sang, dans un temps donné, par une artère que par une veine, dans le rapport de 7 ½ à 3 pour l'artère et la veine crurale d'un chien (Keill dans Müller). L'extrême ténuité des tubes capillaires, le frottement du liquide contre leurs parois, et la dissémination, si je puis m'exprimer ainsi, de la colonne sanguine en une infinité de petites colonnes microscopiques, paraissent devoir être des causes de ralentissement tellement efficaces, que, si quelque chose doit nous étonner, c'est que le sang puisse encore se mouvoir dans des espaces aussi rétrécis. Ajoutons que la multiplication des anastomoses, qui résulte de la forme réticulée des capillaires, doit aussi contribuer au ralentissement, en faisant perdre de la force aux courants qui se rencontrent et se mêlent une infinité de fois.

Cependant le sang circule avec une admirable facilité à travers cet immense labyrinthe de canaux, grâce à certains rapports d'affinité qui existent entre les liquides et les vaisseaux dans lesquels ils se meuvent;

rapports que l'on observe dans les tubes inertes tout aussi bien que dans nos tubes vivants.

M. Poiseuille, dont le nom revient si souvent dans cette dissertation, parce qu'il se rattache à tous les bons travaux d'hydraulique appliquée à l'organisme, M. Poiseuille a fait une série d'expériences sur l'écoulement des liquides dans des tubes de verre d'un très-petit diamètre, dans des capillaires privés de vie et dans les capillaires vivants.

Dans les tubes de verre d'un très-petit diamètre, le liquide qui pénètre dans le tube en mouille les parois et forme une couche humide, immobile, maintenue contre les parois du tube par l'affinité du liquide pour le tube; fait important, déjà constaté par M. Girard et confirmé par M. Poiseuille. Le fluide se meut donc en réalité dans un canal dont les parois sont formées par le liquide même qui s'écoule.

M. Poiseuille a découvert, en 1835, que la surface interne des capillaires vivants est tapissée d'une couche de sérum en repos, et que c'est sur cette couche liquide, infiniment mince, que coule le sang. Ainsi, comme dans le cas précédent, le fluide nourricier se meut dans un canal à parois liquides. Depuis M. Poiseuille, tous les micrographes ont constaté la présence de cette couche liquide linéaire, dont on estime l'épaisseur égale au huitième ou au dixième de la largeur du vaisseau.

Il est évident que cette disposition doit diminuer de beaucoup le frottement, puisque ce dernier ne s'exerce plus que contre des molécules qui sont elles-mêmes liquides.

Mais plus cette couche immobile de sérum sera épaisse, plus elle rétrécira le tube et s'opposera conséquemment à la vitesse du courant. Or, c'est ce qui arrive sous l'influence du froid, tandis que la chaleur, en diminuant l'épaisseur de la couche séreuse, favorise l'écoulement du liquide. M. Girard a constaté la variation d'épaisseur de la couche qui tapisse les parois des tubes inertes quand la température augmente ou diminue (Mém. de l'Acad. des sciences), et M. Poiseuille a obtenu

les mêmes résultats dans ses expériences sur la circulation des grenouilles. C'est ce qui explique les effets de la température extérieure sur les capillaires superficiels de notre corps : quand elle baisse considérablement, comme pendant les froids de l'hiver, les mains, le nez, les oreilles trahissent par leur coloration rouge ou violette la stase du sang dans les vaisseaux.

On peut d'ailleurs, ce me semble, se rendre raison, d'une manière toute mécanique, de l'influence de la température sur la marche des liquides dans les tubes qui nous occupent : la chaleur les dilate plus ou moins, leurs molécules glissent donc plus facilement les unes sur les autres; de plus, comme ils sont peu compressibles, il faudrait une force considérable pour empêcher leur volume d'augmenter quand la température s'élève. Or, cette augmentation de volume, quelque faible qu'elle soit, doit réagir sur les parois du tube et maintenir ce dernier dans un diamètre convenable pour l'écoulement du liquide. L'inverse aura lieu si la température s'abaisse.

La nature des liquides employés influe sur leur vitesse (Recherches de M. Poiseuille) : l'azotate de potasse et l'acétate d'ammoniaque, unis à l'eau, rendent l'écoulement plus facile; l'alcool, ajouté à l'eau, le retarde au contraire; si, au lieu d'eau on emploie du sérum, l'écoulement de celui-ci exige un temps presque double de celui de l'eau distillée, et les différentes espèces de sérum ne coulent pas également vite; de l'eau ajouté au sérum active l'écoulement; l'acétate d'ammoniaque et l'azotate de potasse influent comme précédemment sur la vitesse, tandis que l'alcool ajouté au sérum retarde son écoulement, comme on l'a vu pour l'eau distillée; mais si à ce sérum alcoolisé on ajoute de l'azotate de potasse, ce sel lui rend la vitesse du sérum primitivement employé.

M. Poiseuille a obtenu les mêmes résultats en opérant sur des capillaires privés de vie et sur des capillaires vivants; il a vu aussi l'acétate d'ammoniaque et l'azotate de potasse accélérer la vitesse du courant, tandis que l'addition d'alcool la retardait.

M. Valentin a fait aussi de nombreuses expériences sur l'écoulement des liquides dans les capillaires; ses résultats sont conformes à ceux que nous venons de rapporter. Tous ces faits montrent d'une part, que les lois qui président aux phénomènes de l'écoulement des liquides dans les tubes organisés et vivants, sont des *lois physiques;* et, d'un autre côté, ils laissent pressentir la manière d'agir de certains sels sur l'économie animale. Seulement il ne faudrait pas se hâter de tirer de cette dernière circonstance des conséquences anticipées sur le traitement des maladies; car nous ne connaissons ici qu'une des inconnues du problème, l'influence de certains sels sur la vitesse de la circulation capillaire; mais nous ne savons pas toujours si tel état morbide est accompagné d'une stase sanguine ou d'une diminution de vitesse dans cette circulation, et surtout, nous ne connaissons pas la relation de cause à effet entre cette stase, si elle existe, et l'état morbide lui-même.

Il est facile de se faire une idée de la marche du sang dans les capillaires, en examinant au microscope, sous un grossissement de cent diamètres environ, soit la membrane natatoire ou le mésentère d'une grenouille, soit la queue d'un têtard ou le poumon d'un triton. On voit alors que les globules sont doués d'une vitesse inégale : ceux qui coulent suivant l'axe du vaisseau, passent rapidement sous les yeux, tandis que ceux des bords marchent beaucoup plus lentement[1]. Quelques-uns même, plus rapprochés de la couche immobile de sérum, s'arrêtent, tournent sur eux-mêmes, vont un peu plus loin, et finissent quelquefois par rester immobiles.

Mais il ne faudrait pas croire que la vitesse du courant, telle que nous l'observons, soit la vitesse réelle; car celle-ci est augmentée par le grossissement, et cela d'autant plus, que ce dernier est plus considérable. On sait, en effet, que la vitesse d'un corps doué d'un mouve-

---

1. D'après les frères Weber les corpuscules lymphatiques qui cheminent contre les parois des vaisseaux, vont 12 fois plus lentement que les corpuscules sanguins. (Valentin, Physiol.)

ment uniforme, est égale à l'espace parcouru, divisé par le temps que le corps a mis à parcourir cet espace. Or, ici c'est l'espace qui est multiplié par le grossissement, tandis que le temps ne change pas; le résultat sera donc trop fort d'autant d'unités qu'il y en aura dans le chiffre du grossissement. Pour éviter cette erreur, il suffira de diviser le chiffre du grossissement par l'espace parcouru en apparence, et qu'on aura mesuré, le quotient sera l'espace réel. Si, par exemple, le grossissement est de 10, et qu'un globule ait parcouru en apparence 10 millimètres dans une seconde, l'espace réel, parcouru pendant cette seconde, ne sera que d'un millimètre.

M. Valentin a calculé que la vitesse du sang dans les capillaires de la grenouille était de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{3}$ de ligne par seconde, ce qui ferait 1 pouce à 1 $\frac{1}{2}$ par minute; résultat qui paraît en contradiction avec la vitesse de la circulation générale, mais que M. Valentin explique par le peu d'étendue de chaque groupe de capillaires et par les nombreux troncs veineux qui viennent y puiser le sang, pour le reporter vers le cœur.

Nous ferons encore observer, relativement à la marche du sang dans les capillaires, que la résistance que ce liquide éprouvera dans telle ou telle partie de ce système, dépendra du diamètre des tuyaux; car les obstacles provenant du frottement, seront en raison inverse de ce diamètre; elle dépendra aussi de la force et de la fréquence des battements du cœur, attendu que le frottement d'un liquide contre les parois d'un tube augmente en raison directe du carré de la vitesse avec laquelle ce liquide est poussé. Cette dernière circonstance doit concourir à favoriser ou à augmenter les stases sanguines dans les capillaires, lorsque les mouvements du cœur se font avec plus de fréquence et plus de force que de coutume.

Le mouvement du sang dans les capillaires n'est plus continu-saccadé, comme il l'était encore dans les petites artères; ce mouvement est devenu uniforme. La section d'une petite artère donne lieu à un jet continu, mais qui se fait par saccades, le sang des capillaires, au contraire, s'écoule en nappe. Ce n'est qu'aux approches de la mort, lorsque

l'animal s'affaiblit de plus en plus, que les globules s'avancent par saccades, d'une manière irrégulière; circonstance qui prouve encore l'influence du cœur sur la circulation capillaire.

La contractilité, propriété que nous avons admise, avec la plupart des physiologistes modernes, pour les artères, existe à un haut degré dans les capillaires. C'est même sur cet ordre de vaisseaux qu'ont été faites une partie des expériences que j'ai mentionnées plus haut, en parlant de la contractilité des artères (action de l'eau froide, des alcalis, etc.). La section de ces petits tubes détermine leur retrait au point de fermer totalement leur lumière.

Cette propriété, qui maintient les parois des vaisseaux dans un certain degré de tension, explique pourquoi on ne peut faire arriver les matières à injection dans les capillaires d'un animal récemment mis à mort; leurs parois réagissent contre le liquide et se rapprochent au point d'en empêcher le passage; l'élasticité se comporte différemment, car elle survit à la mort de l'animal et n'oppose aucun obstacle à l'injection. Il est probable que c'est la contractilité organique des capillaires qui retient dans de justes limites la partie liquide du sang qui coule dans les vaisseaux, et n'en laisse transsuder que ce qui est nécessaire pour les actions nutritives. Après la mort, les matières liquides traversent avec la plus grande facilité les parois des vaisseaux, et même pendant la vie, après la soustraction de l'influence nerveuse, on voit s'opérer cette transsudation (section des nerfs rénaux, Brachet et Müller).

En résumé, ce qui caractérise surtout la marche du sang dans les capillaires, c'est la lenteur et l'uniformité de son mouvement; cette diminution de vitesse, loin d'être un inconvénient, est au contraire un avantage réel, car elle est en rapport avec les besoins physiologiques des organes. N'est-ce pas, en effet, dans les interstices des réseaux eux-mêmes, dans ces îlots de substance organique circonscrits par les vaisseaux, que se passent ces influences réciproques des organes sur le sang et du sang sur les organes? « Les vaisseaux sont les instruments spéciaux

de l'irrigation nutritive; la partie la plus fluide du sang peut seule s'échapper de ces canaux pour se répandre dans les méats circumvasculaires, et cette dernière portion du système de cavité générale a pour fonction spéciale d'être le siége du travail assimilatoire, et de servir d'intermédiaire entre les éléments organiques des tissus et leurs vaisseaux nourriciers. » (Milne-Edwards, Annal. des scienc. nat., 3.e s., t. III, p. 287.)

Il fallait donc que le mouvement du liquide fût ralenti et uniforme : ralenti, pour que les échanges de matériaux eussent le temps de s'opérer; et uniforme, pour que tous les organes participassent, chacun en proportion de ses besoins, à ces actions nutritives, dont l'interruption, même passagère, ne saurait se concilier avec l'intégrité des fonctions.

Article 4. *Du mouvement du sang dans les veines.*

Les veines sont des vaisseaux à parois minces, peu élastiques, contractiles, très-extensibles, qui ramènent au cœur et aux poumons le sang qui revient des organes. Privées de la tunique élastique des artères, elles s'affaissent quand elles sont vides, à moins que leurs parois ne soient adhérentes aux organes qu'elles traversent (veines hépatiques, sinus de la dure-mère, canaux veineux des os). Elles n'ont qu'une faible proportion de fibres élastiques, mais elles possèdent une tunique de fibres annulaires, appartenant au groupe des tissus contractiles. Dans le voisinage du cœur ces fibres sont remplacées par un véritable tissu musculaire. D'après Henle (Anat. génér., t. II, p. 37) on peut suivre ce tissu sur la veine cave supérieure jusqu'à la clavicule, sur l'inférieure jusqu'au diaphragme, et sur les veines pulmonaires jusqu'à la division des troncs en branches.

Les veines sont remarquables par leur nombre, qui l'emporte de beaucoup sur celui des artères; par leurs anastomoses plus fréquentes; par leur disposition sur deux plans, l'un superficiel, l'autre profond, que des rameaux nombreux font communiquer l'un avec l'autre, disposition qui facilite la circulation veineuse lorsqu'une compression des

veines superficielles tendrait à l'arrêter. La capacité totale du système veineux est donc bien supérieure à celle du système artériel, et elle est encore augmentée par la dilatabilité de ces vaisseaux.

Les veines, comme les artères, forment, dans leur ensemble, un cône dont le sommet touche au cœur, et dont la base est tournée vers les capillaires; elles se réunissent donc, sous des angles variables, en rameaux et en troncs de plus en plus volumineux; leurs dispositions, du reste, varient extrêmement et beaucoup plus que celles des artères.

Ajoutons, pour terminer cette revue générale, que la paroi interne des veines est garnie de valvules, espèces de replis en forme de petits sacs, dont le bord libre est dirigé vers le cœur. Ces valvules, formées par une membrane fibreuse que recouvre l'épithélium du vaisseau, manquent dans les grosses veines des viscères abdominaux, dans les sinus de la dure-mère et dans les canaux veineux; elles sont nombreuses dans les veines superficielles, séparées les unes des autres dans les petites veines, disposées par paires en face l'une de l'autre, dans les grosses, et jouent, comme nous le verrons, un rôle important dans la marche du sang vers le cœur.

Le sang qui sort des capillaires chemine d'une manière incessante vers l'organe central de la circulation. Quelle est la force ou quelles sont les forces qui lui impriment cette direction?

Nous avons vu, dans l'article précédent, que la force du cœur, jointe à l'élasticité des artères, suffisait pour faire passer le sang à travers les capillaires et pour faire arriver ce liquide dans le système veineux. Kaltenbrunner a révoqué en doute cette influence du cœur (Journal de Magendie, t. VIII). Se fondant sur ce que, aux approches de la mort, tout mouvement n'a pas encore cessé dans les veines, alors que les artères sont vides et ne leur envoient plus de sang, il en conclut qu'il existe un mouvement propre de ce liquide, indépendant du cœur, et qui se manifeste principalement dans les capillaires et dans les veines. L'erreur de Kaltenbrunner s'explique facilement, aujourd'hui que l'on connaît les effets de la contractilité des capillaires.

Outre l'expérience de M. Magendie que nous avons rapportée, et qui montre que le mouvement du sang dans la veine crurale dépend du mouvement de ce liquide dans l'artère, on peut encore, par d'autres considérations, faire voir l'influence du cœur et des artères sur la marche du sang dans les veines. On sait que, dans les artères, le sang est soumis à une pression qui est la même sur tous les points du système artériel : cette pression existe aussi dans les veines, mais elle est inférieure à celle qu'on observe dans les artères, et elle s'exerce avec une force inégale suivant les régions du corps sur lesquelles on opère. L'hémodynamomètre appliqué à la veine jugulaire d'un chien, la canule de l'instrument étant tournée vers les capillaires, oscillait entre 15 et 17 millimètres; ce qui correspond à une pression de 5 à 7 millimètres de mercure, en défalquant 10 millimètres pour le poids de la colonne de sous-carbonate de soude. Si on liait la veine jugulaire opposée, la pression s'élevait à 10 jusqu'à 16 millim. (Magendie). Sur un chien dont la pression hydrostatique était de 151 millimètres à la carotide, celle de la jugulaire était de 13 millimètres, c'est-à-dire onze à douze fois plus petite que la pression artérielle (Valentin). Le sang a donc perdu, quand il est arrivé dans les veines, environ les $\frac{9}{10}$ (Magendie) ou les $\frac{11}{12}$ (Valentin) de la force qu'il possédait dans les artères.

M. Magendie a remarqué que dans les oscillations du mercure, la plus haute élévation correspondait soit à une expiration, soit à une contraction du cœur (Phénom. physiol. de la vie). Or, on doit se rappeler que le sang artériel se meut avec plus de force pendant l'expiration; la concordance de ces deux faits prouve bien l'influence de la pression artérielle sur la pression veineuse; car si le sang arrivé dans les capillaires ne se trouvait plus sous l'influence des artères, on ne voit pas pourquoi son mouvement dans les veines serait modifié.

Si l'on applique l'instrument à la veine crurale, le mercure s'élève à 45 et jusqu'à 60 millimètres (Magendie, Valentin); plus on s'éloigne des grosses veines, plus la pression augmente, ce qui s'accorde très-bien avec la théorie, puisque, si la hauteur du mercure dans le tube dépend

de la pression artérielle transmise au sang des veines, cette force devra augmenter à mesure qu'on s'approchera des capillaires.

Tous ces faits démontrent l'influence du cœur et des artères sur la progression du sang veineux. L'observation microscopique vient aussi confirmer ces résultats : on voit le sang couler dans les veines avec plus de rapidité que dans les capillaires; à mesure que les battements du cœur se ralentissent, on voit aussi se ralentir le mouvement, et en général le trouble et les irrégularités de la circulation artérielle se répètent dans la circulation veineuse.

Mais cette force du cœur et des artères sera-t-elle suffisante pour faire arriver le sang veineux jusqu'au cœur? Nous venons de voir qu'elle est réduite à $^1/_{10}$ ou à $^1/_{12}$ de sa valeur primitive; le sang qui sort des capillaires a donc perdu considérablement de sa vitesse. A la vérité, les veines se réunissant en troncs de plus en plus considérables, la rapidité du courant doit s'augmenter de nouveau, puisque la masse du liquide coule dans des lits de plus en plus étroits. Mais, d'un autre côté, la capacité totale des veines est plus grande que celle des artères, les parois de ces vaisseaux sont plus extensibles et très-peu élastiques; la marche du sang devra donc être entravée par ces causes de résistance, et ce liquide aura besoin de forces accessoires et de soutiens pour le faire arriver à l'organe d'impulsion. Nous trouvons, en effet, ces forces et ces soutiens dans les mouvements respiratoires et dans le jeu des valvules.

Barry avait fait jouer un rôle important à la pression atmosphérique dans la marche du sang veineux, pendant la dilatation du thorax. Il se servait d'un tube recourbé, dont une extrémité était introduite dans la veine jugulaire, pendant que l'autre plongeait dans un liquide. A chaque mouvement inspiratoire on voyait le liquide monter dans le tube et redescendre au contraire à chaque expiration. Barry expliquait l'ascension du liquide dans le tube par l'effet de la pression atmosphérique lors du vide qui se forme dans la poitrine pendant l'inspiration, et croyait que cette seule puissance suffisait pour faire mouvoir le sang depuis l'origine des veines jusqu'au cœur.

M. Poiseuille reprit l'étude de cette question et rechercha la part que la respiration a en réalité dans l'arrivée du sang veineux au cœur (Journ. de Magendie, t. X).

A l'aide de son instrument, dans lequel il avait remplacé le mercure par du sous-carbonate de soude, et dont le bec était enfoncé dans la veine jugulaire et dirigé vers le cœur, il vit le liquide baisser dans le tube pendant l'inspiration, et monter, au coutraire, pendant l'expiration; s'il venait à pincer ou à tourmenter l'animal, le liquide montait et descendait beaucoup plus, à cause de la plus grande force des mouvements respiratoires. Cette expérience conduisait donc à admettre l'influence de la respiration sur l'arrivée du sang veineux à l'oreillette droite. En effet, pendant l'inspiration, l'air de la poitrine étant raréfié, tout fluide ou liquide doit se précipiter avec plus d'énergie vers cette espèce de vide. Pendant l'expiration, au contraire, la poitrine se resserrant, les veines sont comprimées et le sang reflue. On voit le gonflement des veines jugulaires accompagner l'expiration et leur affaissement correspondre à l'inspiration.

Le reflux du sang qui accompagne le mouvement expiratoire peut aussi concourir, comme le fait remarquer M. Poiseuille, à diriger ce liquide vers l'oreillette. En effet, ce reflux est limité à une petite distance par les valvules, et comme le jeu de l'oreillette est plus fréquent, dans un temps donné, que celui du poumon, le sang, accumulé dans la veine et ne pouvant rétrograder, doit se diriger vers le cœur.

On a objecté à cette théorie qu'elle ne pourrait pas s'appliquer à certains reptiles (tortues, grenouilles), chez lesquels les mouvements thoraciques n'existent pas; ni aux poissons, qui ne respirent pas l'air en nature. Mais cette objection ne nous paraît pas d'une grande valeur; de ce que certaines dispositions organiques n'existent pas dans des animaux, on ne peut pas en conclure que, lorsque ces dispositions existent, elles ne doivent pas entraîner certains effets. Tout ce que l'on peut déduire de ce fait d'anatomie comparée, c'est que le rôle des mouvements respi-

ratoires dans l'attraction du fluide nourricier vers le cœur n'est que secondaire.

A cette cause provenant de la respiration il faut joindre l'aspiration produite par la diastole auriculaire sur le sang de la veine cave. Cette cause peut contribuer, avec la précédente, à la progression du sang, mais elle est peu efficace, puisque, si l'on coupe en travers la veine cave à peu de distance du cœur, le sang continue à affluer par le bout périphérique, quoique l'aspiration auriculaire ne puisse plus s'exercer.

Il est donc constaté que les mouvements du thorax facilitent l'arrivée du sang veineux; mais cette influence se fait-elle ressentir, comme le croyait Barry, sur toute l'étendue de l'arbre veineux? L'instrument de M. Poiseuille va répondre à cette question. Déjà à 14 centimètres de la poitrine l'inspiration n'agit plus sur le liquide du tube, à plus forte raison est-elle aussi sans action sur le sang des veines des membres abdominaux.

Ainsi l'aspiration du sang, déterminée par la dilatation du thorax et en partie par celle de l'oreillette droite, est loin d'agir sur toute l'étendue du système veineux; cette aspiration ne doit constituer qu'une cause accessoire et non une cause principale du phénomène.

Voilà donc, jusqu'à présent, deux forces qui font marcher le sang dans les veines : la force impulsive du cœur, soutenue par les artères, et l'aspiration de la poitrine et du cœur lui-même. Entre ces deux forces, qui agissent sur les deux extrémités de l'arbre veineux, se trouvent placés ce que l'on pourrait appeler les soutiens ou les auxiliaires du mouvement sanguin. Les valvules, en effet, s'abaissent, lorsque la colonne sanguine, comprimée par les mouvements des parties voisines, tend à rétrograder : elles brisent cette colonne, la divisent en un nombre plus ou moins considérable de cylindres secondaires, et soutiennent ainsi le mouvement d'impulsion transmis au sang veineux à travers les capillaires.

C'est donc moins pour s'opposer à la gravitation que pour empêcher le mouvement rétrograde qui pourrait résulter de la pression des par-

ties voisines, que les valvules sont instituées; aussi sont-elles très-multipliées dans les veines des membres, à cause de la pression exercée sur ces veines par la contraction musculaire, tandis qu'elles manquent dans les veines du foie et dans celles des os, vaisseaux qui, par leur position, ne sauraient être comprimés.

Cette pression latérale, exercée par les muscles et peut-être aussi par les pulsations des artères voisines, pression que l'on a coutume de regarder comme un obstacle, pourrait être, au contraire, envisagée comme un moyen efficace de progression du sang veineux; la compression ne s'exerçant pas en même temps dans toute la longueur de la veine, le sang doit être poussé en avant, puisqu'il ne saurait rétrograder. La pression latérale remplit, dans ce cas, le même office que la contraction des oreillettes du cœur; quand elle vient à cesser, les veines se dilatent de nouveau, pour recevoir une nouvelle colonne de sang.

Les faits et les considérations qui précèdent, nous apprennent que le mouvement du sang veineux est déterminé par l'action du cœur et des artères, par les mouvements du thorax et par le jeu des valvules veineuses. Il nous reste à faire voir comment on peut se rendre compte de la marche du sang dans les gros troncs veineux de l'abdomen et dans la veine porte en particulier, qui manque entièrement de valvules.

Les mouvements du thorax pendant l'inspiration et ceux des muscles abdominaux pendant l'expiration, concourent à la fois au mouvement progressif du sang dans les veines de l'abdomen. L'influence de l'inspiration sur l'arrivée du sang par la veine cave supérieure s'exerce aussi, par la même raison, sur la portion de la veine cave inférieure qui pénètre dans la cavité thoracique: ce mouvement d'aspiration est favorisé par l'abaissement du diaphragme qui presse sur les viscères abdominaux (Poiseuille). Pendant l'expiration, les muscles abdominaux compriment les viscères, et conséquemment les veines de l'abdomen. Le sang de celles-ci tend à se mouvoir dans deux directions opposées, d'une part vers la poitrine, d'un autre côté vers les membres inférieurs. Mais

ce reflux est limité par les valvules; le premier mouvement doit donc l'emporter sur le second, et ce mouvement progressif est facilité par la diastole auriculaire, qui se fait un certain nombre de fois dans l'intervalle qui sépare deux respirations.

La marche du sang dans la veine porte paraît plus difficile à expliquer. Cette veine se divise à la manière des artères et se capillarise dans la substance du foie; en passant par ce second système capillaire, le sang, dont le mouvement est déjà si ralenti, semble devoir perdre toute sa vitesse quand il arrive dans les capillaires hépatiques, et l'on conçoit difficilement, au premier abord, que la force du cœur et des artères puisse encore se maintenir à travers tous ces obstacles.

Cependant, chez les poissons, nous voyons le cœur suffire à la circulation générale à travers trois systèmes de capillaires : celui des branchies, le système des capillaires du corps et celui des reins (veine porte rénale) et du foie.

Plusieurs circonstances favorisent et soutiennent le cours du sang dans la veine porte. D'abord les capillaires des organes desquels partent les racines de cette veine, ne sont pas composés de tubes aussi étroits que dans d'autres parties du corps (voy. Valentin, Physiol., t. I.er, p. 483); cette circonstance, quoique peu importante, doit cependant favoriser la circulation en diminuant le frottement. Mais ce qu'il importe le plus de faire remarquer, c'est la réunion des racines de la veine porte en un tronc unique, et conséquemment l'augmentation de pression et de vitesse qui doit en résulter. Les expériences à l'aide de l'instrument de M. Poiseuille font voir que lorsqu'on diminue par des ligatures le nombre des veines par lesquelles le sang revient au cœur, la colonne mercurielle s'élève plus haut dans le tube; or, c'est ce qui arrive dans la veine porte. Enfin, la compression des viscères par la contraction des muscles abdominaux, pendant l'expiration, agira sur les racines de la veine porte, comme sur les autres veines de l'abdomen; tandis que l'inspiration, secondée par la diastole auriculaire, favorisera le passage du sang des veines hépatiques dans la veine cave inférieure : on remarquera la

très-petite distance qui sépare de l'oreillette droite l'embouchure des veines hépatiques dans la veine cave, en raison de la position relative du cœur et du foie; organes toujours très-rapprochés l'un de l'autre.

En résumé, la force impulsive du cœur, aidée de l'élasticité des artères, les mouvements respiratoires, l'aspiration de l'oreillette droite, le jeu des valvules et la disposition des veines, tel est l'ensemble des causes qui nous paraissent le mieux expliquer la marche progressive du sang dans le système veineux.

L'élasticité des veines est obscure quand on la compare à celle des artères; elle est plus prononcée dans le sens de la largeur que suivant leur longueur; mais jamais elle ne peut réagir sur le sang avec une force comparable à celle qu'elle produit dans les artères.

Leur grande dilatabilité est un avantage réel, surtout en raison des obstacles qui peuvent s'opposer à la marche du sang, et à cause des oscillations continuelles que ce liquide présente dans les veines.

Quant à leur contractilité, elle est plus difficile à constater par l'expérience que celle des artères et des capillaires; cependant M. Henle rapporte un nombre assez considérable de faits en faveur de cette propriété (Anat. gén., t. II, p. 49), et l'inspection microscopique de la tunique annulaire est de nature à faire admettre que c'est dans cette tunique qu'elle a son siége. On se rappellera que les grosses veines dans le voisinage du cœur sont réellement musculeuses.

Les veines ont-elles des battements? Aucune observation n'est de nature à les faire admettre. Ce qu'on a nommé improprement le *pouls veineux* n'est qu'un mouvement ondulatoire produit par le reflux du sang dans les grosses veines. Quant à de véritables pulsations, il est vrai qu'on peut les observer sur les veines caves des grenouilles, à leur entrée dans le cœur (Flourens, Ann. des sc. nat., tome XXVIII); mais il n'est pas certain qu'elles existent dans les mammifères, quoique la présence de fibres musculaires autour des orifices de ces veines doive faire pressentir que ces dernières se contractent.

Article 5. *Du mouvement de la lymphe et du chyle.*

Les vaisseaux chylifères et lymphatiques ont, dans leur disposition et dans leur structure, beaucoup d'analogie avec les veines. Naissant de réseaux à mailles étroites étalés sur les organes et dont la disposition, analogue sans doute à celle des capillaires sanguins, n'est pas encore bien connue, ils se dirigent vers les parties centrales du corps, formant entre eux, dans leur marche, un nombre beaucoup plus considérable d'anastomoses que les veines, et se distinguant aussi de ces dernières par l'accroissement peu sensible de leur calibre. Ils rencontrent sur leur passage des organes particuliers, connus sous le nom de glandes ou de ganglions lymphatiques, formés par les vaisseaux eux-mêmes, qui se divisent, s'entrelacent un grand nombre de fois et se pelotonnent de manière à constituer des paquets entortillés, dont les plus gros sont entourés d'une membrane fibreuse particulière. Tous ces vaisseaux convergent vers le système veineux : la plupart s'abouchent à ce système par le canal thoracique; un certain nombre se réunissent en un tronc beaucoup plus court, qui aboutit à la veine sous-clavière droite.

Les vaisseaux lymphatiques, toujours très-minces et à parois transparentes, sont formés de quatre tuniques : l'externe celluleuse, la suivante composée de fibres annulaires, la troisième formée de fibres longitudinales, et enfin, l'interne constituée par un épithélium en pavé, semblable à celui qui existe dans les veines et dans les artères. Leur intérieur est garni de valvules nombreuses, très-rapprochées les unes des autres, situées, par exemple, dans le mésentère de l'homme, à des intervalles de 1 à 10 millim. (Valentin); elles ont leur bord libre tourné dans le sens du mouvement de la lymphe et sont formées par un tissu cellulaire contractile (Valentin), recouvert par l'épithélium.

Ces vaisseaux sont élastiques, contractiles, très-extensibles et jouissent surtout d'une grande solidité, au point de supporter, sans se déchirer, la pression d'une forte colonne mercurielle.

Les circonstances organiques et fonctionnelles qui déterminent la marche de la lymphe et du chyle, sont moins nombreuses que celles dont nous avons parlé en traitant du système sanguin. Ici nous n'avons point d'organe d'impulsion, et les forces accessoires provenant de la respiration ou des mouvements du cœur, ne peuvent avoir qu'une très-faible influence, si même cette influence existe.

La continuité de l'absorption, la contraction musculaire, l'action des valvules et la contractilité des vaisseaux, telles sont les principales causes du mouvement des sucs chyleux et lymphatique.

Nous avons cherché à déterminer dans le chapitre I.er comment se fait le passage des sucs dans l'intérieur des radicules lymphatiques. Ce passage est continuel, du moins pour les lymphatiques proprement dits, car il résulte de l'activité nutritive elle-même. Cette absorption appelant sans cesse dans les réseaux lymphatiques une partie des sucs qui baignent ces réseaux, il en résulte une sorte de *vis à tergo*, qui porte le liquide à s'avancer.

Lorsque les réseaux vasculaires sont étalés à la surface et dans les interstices de couches musculeuses, disposition qui se voit, entre autres, dans les intestins, et qui existe probablement aussi pour les autres muscles, la contraction musculaire agit sur les tubes, les comprime, et comme ces tubes ne présentent aucune ouverture extérieure, la compression pousse le liquide des racines vers les troncs des lymphatiques. « Poiseuille a vu les granules, dans les vaisseaux chylifères d'une souris, se mouvoir très-lentement et le mouvement s'accélérer par saccades; chaque accélération coïncidait avec une contraction de la portion d'intestin d'où le vaisseau partait. » (Henle, Anat. générale, tome II, p. 103.) L'influence de la contraction musculaire de l'intestin est d'autant plus nécessaire pour la marche du chyle, qu'il n'existe probablement pas de valvules dans les radicules des villosités.

Le chyle et la lymphe sont donc exprimés en quelque sorte et portés vers les tubes. Là se trouvent, à des distances rapprochées, des val-

vules chargées de diviser et de soutenir la colonne liquide; elles permettent ainsi à la lymphe de s'élever, malgré la pesanteur, comme aussi malgré les positions variées que prennent à chaque instant le mésentère et les intestins.

La pression latérale, exercée par les organes voisins, joue sans doute aussi le même rôle que pour les veines. De plus, M. Valentin a appelé l'attention sur la forme en chapelet des lymphatiques quand ils sont injectés, forme qui doit aussi exister pendant la vie, dans leur état de réplétion, quoiqu'à un moindre degré. Cette disposition doit en effet diminuer le poids de la colonne que chaque valvule a à supporter.

On sait que la pression exercée sur le fond d'un vase est indépendante de la forme de ce dernier; cette pression est, en général, égale au poids d'une colonne verticale qui aurait pour base le fond du vase et pour hauteur la distance verticale de ce fond au niveau de l'eau. Or, dans le cas dont nous parlons, l'espace compris entre deux valvules successives représente un petit cylindre renflé en forme de tonneau; le poids du liquide supporté par la base sera donc calculé d'après la surface de cette base et la hauteur du cylindre; les renflements latéraux seront nuls dans l'effet produit sur la valvule. Ajoutons que, d'après M. Valentin (Physiologie, p. 372) les valvules possèdent des fibres analogues aux fibres contractiles, qui paraîtraient servir à pousser en avant les petites colonnes de lymphes que ces valvules supportent.

Mais sans avoir besoin d'avoir recours à ce dernier usage, peut-être un peu problématique, des valvules, nous trouvons dans la contractilité des vaisseaux eux-mêmes une autre cause, plus efficace, du mouvement de la lymphe.

Cette contractilité est-elle un fait bien avéré? Disons d'abord qu'il ne s'agit pas ici, pas plus que pour la contractilité des vaisseaux, d'un effet brusque, instantané pour ainsi dire, et qui cesse immédiatement avec la cause qui l'a produit; mais bien d'une contractilité lente, successive en quelque sorte, et qui ne diminue de même qu'avec len-

teur. Plusieurs faits me paraissent établir avec évidence la contractilité des chylifères : quand ils se vident, ils reviennent sur eux-mêmes et ressemblent à des fils transparents presque imperceptibles. Ils se contractent sous l'influence de l'eau froide et des acides. Quand on ouvre l'abdomen d'un animal pendant la digestion, on voit au bout de peu de temps les chylifères se vider et acquérir un diamètre plus petit que celui qu'ils ont après la mort, ce qui prouve que cet effet n'est pas dû à l'élasticité. Si l'on pique un lymphatique après l'avoir lié, le contenu jaillit, tant que les vaisseaux sont vivants (Tiedemann et Gmelin, dans Henle). Ces faits me paraissent suffisants pour admettre que les vaisseaux lymphatiques sont réellement contractiles.

Lors donc qu'ils sont distendus par le liquide qui afflue sans cesse dans leur intérieur, ils se contractent, compriment la colonne liquide, et comme celle-ci ne saurait rétrograder, à cause de la présence des valvules, elle est portée de proche en proche vers le système veineux.

Aux causes principales de progression de la lymphe que nous venons d'énumérer, il faut joindre la disposition de l'appareil tout entier, que l'on peut aussi se représenter comme un cône dont la base est à la périphérie.

Il est probable que la somme des diamètres de toutes les branches l'emporte sur le diamètre des troncs, et qu'il devra en résulter une certaine accélération dans la marche des liquides; mais cette accélération sera faible, car nous avons vu que l'augmentation progressive du calibre des vaisseaux est très-peu marquée. Ce n'est que dans le canal thoracique que la marche devra être sensiblement plus rapide; aussi les valvules, devenues moins nécessaires, sont-elles en très-petit nombre dans ce tronc.

On admet généralement que les glandes lymphatiques servent à ralentir le cours du liquide, et, en effet, la disposition des vaisseaux lymphatiques dans ces organes annonce que ce ralentissement doit être un de leurs principaux usages. Cependant M. Henle fait observer avec raison que la structure et les fonctions des glandes lymphatiques ne sont pas encore assez bien connues pour qu'on puisse rien affirmer de positif à leur égard.

D'après tout ce que nous venons de voir, la marche de la lymphe devra donc être en général assez lente; c'cst ce qui explique la lenteur de l'absorption lymphatique, comparée à la rapidité de l'absorption veineuse.

Deuxième Section. Mouvements des liquides dans les tubes sécréteurs et excréteurs.

Peu de mots suffiront pour faire connaître ce qu'il y a d'essentiel dans le mécanisme du mouvement des liquides sécrétés.

Les divers produits des sécrétions sont versés incessammcnt dans des capsules, des utricules, des tubes d'une longucur variable, tantôt s'ouvrant les uns dans les autres, d'autres fois contournés comme des circonvolutions intestinales.

Le fait seul de la sécrétion suffit pour expliquer la marche du liquide dans l'intérieur de ces tubes : ce liquide devant nécessairement se diriger vers les points où il éprouve le moins de résistance, et par conséquent vers les issues de l'organe. Ainsi le produit de la sécrétion des utricules de la muqueuse gastrique, intestinale ou utérine, le produit des glandes sébacées, celui des glandes de la sueur, etc., arrivcront peu à peu à la surface et pourront s'épancher au dehors. La sortie de ces produits liquides ou leur excrétion pourra être favorisée par le mouvcment des parties voisincs : c'est ainsi, par exemple, que le tube intestinal, par les contractions péristaltiques de sa couche musculeuse, facilitera la sortie du mucus, quoique ce mouvement ne puisse pas être regardé comme la cause qui le produit.

Si les tubes sécréteurs sont très-longs, contournés sur eux-mêmes, et s'ils commencent par un renflement capsulaire (canaux urinifères de la substance corticale), la sortie du liquide de la capsule pourra être favorisée par l'existence de cils vibratiles (Bowmann).

Quand les glandes ont un canal cxcréteur, ce dernier est organisé dans le but fonctionnel de diriger au dehors le produit sécrété.

Il est, en effet, bien constaté aujourd'hui que les éléments de ce tissu contractile, dont le rôle physiologique est si remarquable et dont nous avons parlé plusieurs fois dans le cours de ce travail, entrent pour une large part dans la composition des conduits excréteurs des glandes (glandes salivaires, canal pancréatique, canaux biliaires, uretère, canaux déférents).

La dissection et l'inspection microscopique démontrent dans ces canaux l'existence de deux couches de fibres, les unes longitudinales, les autres annulaires; fibres le plus souvent très-déliées, filiformes, semblables à des fibres de tissu cellulaire, quelquefois aplaties et munies de noyaux dans toute leur longueur. Tous les micrographes les décrivent; je les ai vues, je les ai étudiées dans les conduits excréteurs des glandes génitales des différentes classes d'animaux vertébrés (Recherches inédites); il ne saurait y avoir le moindre doute sur leur existence.

Dans un cas de dilatation des uretères avec hypertrophie des parois de ces canaux, M. Tourtual a vu que ces parois étaient composées de véritables fibres musculaires, qu'il regarde, à tort, comme de formation nouvelle. M. Meyer a trouvé dans la vésicule biliaire du bœuf et dans l'uretère du cheval, des fibres d'un jaune-rouge disposées par couches longitudinales et transversales, et montrant la structure microscopique des muscles organiques. Ainsi, dans les animaux de petite taille et dans l'homme, ces fibres sont filiformes; dans les grands animaux, et probablement dans les cas d'hypertrophie des canaux excréteurs, chez l'homme, elles se rapprochent, par leur aspect microscopique, des fibres musculaires organiques.

Quelle est leur nature? quels sont leurs usages? L'anatomie ne saurait décider la question, et ce serait encore ici le lieu de rappeler les paroles si justes de M. Henle que nous avons citées plus haut, relativement à la ressemblance morphologique des tissus (page 31).

L'observation des animaux vivants et les expériences nous apprennent que les canaux excréteurs de certaines glandes sont contractiles. M. Müller a vu sur un oiseau récemment mis à mort, le canal cholédoque se con-

tracter à des intervalles de plusieurs minutes; ces contractions avaient lieu du canal intestinal vers le foie (Physiol., t. I.er, p. 378). Les irritants mécaniques, chimiques et galvaniques déterminent de véritables mouvements péristaltiques dans le canal cholédoque (Rudolphi, Müller), les uretères, le canal déférent (Tiedemann).

Quel est l'agent de cette contraction? Ce ne saurait être ni l'enveloppe celluleuse extérieure, ni la tunique muqueuse interne; il faut bien qu'elle ait son siége dans les fibres longitudinales et transversales, et comme le canal excréteur ne se compose d'aucun autre tissu, nous sommes forcé d'admettre que ces fibres sont contractiles.

Cette vérité une fois démontrée pour les canaux excréteurs d'un certain calibre, pourquoi ne l'admettrait-on pas pour des canaux plus fins? Les dimensions des organes ne font rien à leur composition.

Jusqu'où s'étendent ces fibres contractiles ? Nos moyens d'observation, quelque perfectionnés qu'ils soient aujourd'hui, ne nous permettent pas de répondre à cette question. Il n'a pas encore été possible de les suivre jusque dans le tissu même de la glande. Les parois du canal excréteur s'amincissent de plus en plus, finissent par se confondre avec les tubes sécréteurs et alors on ne distingue plus qu'une membrane homogène, que nous n'appelons peut-être anhiste, c'est-à-dire sans structure, que parce que nos microscopes sont impuissants à nous y faire découvrir une structure déterminée.

Mais la fonction s'arrêtera-t-elle nécessairement où s'arrête l'inspection microscopique? Je n'hésite pas à répondre par la négative, car nous n'avons pas le droit de borner l'usage physiologique d'un organe aux limites étroites que voudraient lui imposer nos faibles moyens d'investigation.

Une observation importante d'Ascherson nous démontre que l'étude de la fonction est encore plus importante que celle de l'organe : il a vu au microscope les glandes cutanées des grenouilles se contracter sur le vivant; il les a vues changer de forme et de volume, et, lors de la mort de l'animal en expérience, le dernier mouvement de ces

organes microscopiques était un mouvement de contraction; circonstance, dit Ascherson, qui rappelle la sueur dont se couvre le corps des agonisants.

Si j'ai insisté sur cette question, c'est en raison de l'utilité pratique qui se rattache à la physiologie des tissus contractiles relativement aux spasmes, aux paralysies ou à l'atonie des organes dans la composition desquels on rencontre ces tissus.

Nous voyons donc par ce qui précède que la contractilité des canaux excréteurs conduira le contenu hors de l'organisme ou dans des réservoirs particuliers.

Ces réservoirs, quand ils existent, peuvent être considérés, en réalité, comme des dilatations des canaux excréteurs eux-mêmes; ils sont composés du même tissu contractile que ces derniers, et quelquefois de véritables muscles, que l'on trouve, par exemple, développés à un haut degré dans la vessie urinaire.

TROISIÈME PARTIE.

INFLUENCES GÉNÉRALES QUI DÉTERMINENT OU QUI MODIFIENT LES MOUVEMENTS DES LIQUIDES.

Article 1.er *Influences fonctionnelles.*

En décrivant, dans la seconde partie de ce travail, le mécanisme des mouvements des liquides dans l'organisme humain et les causes de ces mouvements, nous n'avons fait qu'exposer leurs conditions organiques et physiques, sans nous occuper des causes générales qui dominent ces dernières et sans lesquelles tout cet admirable appareil hydraulique ne saurait fonctionner.

Il faut un moteur pour faire aller nos machines; il faut une force motrice pour mettre en mouvement les rouages de la machine animale. Ce moteur indispensable c'est la vie, problème incompréhensible dont nous

cherchons en vain la solution, véritable mystère, que nous ne parviendrons jamais à dévoiler dans son essence, mais qu'il nous est donné d'étudier dans ses effets.

La vie, dans tous les êtres organisés, se manifeste à nous par l'activité. Dans les êtres supérieurs cette activité dépend à la fois de plusieurs causes, et l'on sait depuis longtemps que, dans l'homme, il existe un certain nombre d'appareils tellement importants, que la privation de l'un ou de l'autre de ces appareils doit nécessairement amener plus ou moins promptement la mort : le cerveau, les poumons, le cœur, l'estomac (Chossat). Ces appareils réagissent les uns sur les autres et exercent leur influence sur toute l'économie.

L'absorption, la circulation, les sécrétions, la nutrition, en un mot, toutes les fonctions dans lesquelles les liquides sont en mouvement, devront donc subir ces influences, et il en résultera certaines modifications dans le cours du liquide.

Il nous serait impossible de traiter d'une manière complète toutes les questions qui se rattachent à ces connexions fonctionnelles; on nous pardonnera de ne nous borner qu'à quelques indications.

1.° *Innervation.* Les nerfs se distribuent à tous les organes qui ont besoin de se nourrir : ils vont au cœur, aux vaisseaux, aux membranes; ils sont la condition indispensable de toutes les actions organiques; ils sont en quelque sorte les dispensateurs de cette puissance nerveuse que quelques auteurs ont regardée comme l'agent vital par excellence, oubliant que les nerfs eux-mêmes ont besoin de sang pour vivre, pour conserver leur aptitude à gouverner les autres fonctions. La soustraction complète de l'innervation anéantit les fonctions des organes et frappe ceux-ci de mort.

Les nerfs agissent sur le cœur : que l'on adopte ou non l'opinion de Haller relativement à la contractilité propre des fibres musculaires, toujours est-il que les nerfs, outre leur rôle pour la nutrition, agissent au moins comme cause excitatrice, s'ils ne sont pas eux-mêmes la cause déterminante des contractions.

Or les nerfs, qu'ils appartiennent au grand sympathique ou au système cérébro-rachidien, ont entre eux des connexions étroites et nombreuses et se rattachent tous, d'une manière plus ou moins directe, au cerveau et à la moelle épinière. Le cerveau et la moelle sont, en définitive, les centres auxquels aboutissent, en général, les actions nerveuses.

Ainsi, toutes les fois qu'un trouble portera sur le système nerveux, il réagira sur le cœur, modifiera ses battements et déterminera un changement quelconque dans la circulation.

Voyez les effets des affections gaies ou tristes : la joie, le plaisir, comme aussi la frayeur et la colère, accélèrent ou ralentissent les battements du cœur.

Les nerfs agissent directement sur les vaisseaux eux-mêmes; quoique cette influence ne soit pas facile à déterminer, cependant nous sommes conduits à l'admettre par les phénomènes de coloration ou de pâleur du visage qui accompagnent les affections de l'âme. Quand on opère sur des grenouilles la section des nerfs des extrémités, la circulation continue d'abord quelque temps, mais elle finit par s'arrêter, et les parties qui recevaient les divisions de ces nerfs se désorganisent.

C'est sans doute par leur action sur les vaisseaux que les nerfs influencent d'une manière si évidente la nutrition : qu'on se rappelle la maigreur des membres paralysés et les lésions remarquables qui suivent la section du nerf trijumeau.

Les nerfs agissent sur les sécrétions : l'écoulement des larmes par suite d'une impression pénible, l'arrivée plus abondante de salive que détermine la présence d'un mets savoureux, l'altération rapide et presque instantanée du lait des nourrices après une vive émotion, sont des preuves suffisantes de cette influence nerveuse. Rappelons encore la section des nerfs vagues qui arrête la sécrétion du suc gastrique, et les effets de la section des nerfs des reins sur la sécrétion urinaire (Brachet, Müller). La section des pneumogastriques paraît arrêter aussi l'exhalation pulmonaire, sans doute en anéantissant les fonctions du poumon;

l'injection d'huile phosphorée dans les veines n'est pas suivie de la production de vapeurs phosphorées qui sortent par la bouche, comme on le voit quand les nerfs sont intacts (Magendie).

2.° *Respiration.* La liaison étroite qui existe entre le poumon et le cœur explique assez l'influence que la respiration doit avoir sur la marche du liquide nourricier. Nous avons déjà vu en partie cette influence, puisque les mouvements respiratoires contribuent aux mouvements normaux du sang. Mais nous devons ici dire quelques mots sur l'importance des fonctions du poumon en général, relativement à la circulation, et sur les variations qui se rapportent à la fréquence ou à l'étendue des mouvements respiratoires.

L'abolition des fonctions du poumon entraîne la cessation des battements du cœur, non pas de suite, mais au bout d'un temps plus ou moins long; on peut, au contraire, prolonger la durée de ces battements, les rappeler même quand ils sont éteints, lorsqu'on a recours à la respiration artificielle par l'insufflation.

L'exagération des mouvements respiratoires dans la marche rapide, la course, les exercices violents, accélère les battements du pouls; ces derniers se ralentissent au contraire, quand la respiration devient plus lente, comme on peut le voir surtout chez les animaux pendant l'hibernation.

Les grands mouvements inspiratoires ou expiratoires rendront plus sensibles les effets que ces mouvements opèrent à l'état normal sur le cours du sang artériel ou veineux. Ainsi, dans les fortes inspirations, la pression centrifuge de la colonne sanguine sur le mercure de l'hémodynamomètre peut se réduire à 0 et le pouls manquer, tandis que dans les expirations énergiques et soutenues l'élévation du mercure annonce une pression beaucoup plus forte. Aussi a-t-on fait la remarque que c'est pendant la toux, la colère, les efforts, et en général dans les grands mouvements expiratoires, que les tumeurs anévrysmales se rompent ou qu'il survient des hémorrhagies cérébrales ou pulmonaires. De même, du côté du sang veineux, on voit s'exagérer les effets que la

respiration produit sur sa marche : dans les efforts longtemps prolongés, les veines du cou se gonflent et la face devient turgide.

La respiration n'influe pas seulement d'une manière mécanique sur la marche des fluides; par ses effets chimiques sur la nature du sang, elle doit agir, on le comprend sans peine, sur tous les actes nutritifs et modifier l'activité générale qui en résulte.

3.° *Digestion.* C'est un fait d'observation journalière que les battements du pouls augmentent de fréquence peu de temps après les repas. La digestion, en effet, introduit dans l'économie de nouveaux matériaux; la continuité de l'absorption intestinale détermine une accélération dans la marche des liquides, en même temps que les substances apportées à la respiration fournissent des conditions nouvelles de production de chaleur et d'activité vitale.

Ajoutons que la présence des aliments dans la bouche, dans l'estomac, dans les intestins, stimule la fonction des nombreuses glandes situées sur toute la longueur du tube digestif, et détermine l'écoulement des sucs nécessaires à la transformation des substances alimentaires.

4.° *Circulation.* La circulation influencée, comme nous venons de le voir, par les autres fonctions, agit à son tour sur ces dernières; bornons-nous à rappeler les différences de vitesse du fluide nourricier dans les diverses parties du corps, différences qui sont toujours en rapport avec les fonctions des divers appareils : ainsi, par exemple, la sécrétion urinaire se fait avec une grande rapidité, comme l'indique le volume proportionnel de l'artère rénale; le mouvement du sang dans l'artère spermatique est au contraire infiniment moins rapide; aussi la sécrétion de la liqueur séminale est-elle beaucoup plus lente. Le degré de réplétion des vaisseaux n'est pas non plus sans influence sur l'exercice de certaines fonctions : l'absorption se fait plus activement à la suite d'évacuations sanguines abondantes et rapprochées, tandis que l'introduction d'une grande quantité d'eau dans les voies circulatoires active les exhalations pulmonaire et cutanée, ainsi que la sécrétion urinaire.

Article 2. *Influence des agents extérieurs.*

Forcé de nous restreindre dans la rédaction de ce travail, nous nous contenterons d'examiner rapidement les effets de l'air atmosphérique et de la température sur la marche des liquides.

Air atmosphérique. C'est surtout par la pression que l'air agit mécaniquement sur le corps de l'homme et des animaux. L'homme est organisé pour vivre sous une pression atmosphérique déterminée; cependant il peut résister à une pression plus forte ou plus faible, pourvu que cette différence ne dépasse pas certaines limites.

Parmi les effets que M. Junod a constatés sur l'homme soumis à une pression d'une atmosphère et demie, nous signalerons la fréquence et la plénitude du pouls, un affaissement des veines superficielles, et une augmentation des sécrétions. La raréfaction de l'air, au contraire ($^3/_4$ d'atmosphère), produisit une turgescence des vaisseaux superficiels, des hémorrhagies par les muqueuses, un pouls fréquent mais facile à comprimer, une tendance à la syncope.

L'augmentation de la pression sur un membre, d'après le même observateur, fait disparaître les veines superficielles, amène une interruption de la circulation dans le membre, et produit des congestions vers la tête; tandis que l'action locale d'un air raréfié détermine une transpiration plus abondante, la turgescence de la peau, la pâleur du visage, un ralentissement dans le battement des carotides, et quelquefois la syncope. Les ventouses ordinaires produisent, en petit, des effets analogues, mais dans des limites bien plus restreintes.

L'ascension sur les hautes montagnes exerce sur beaucoup d'individus une influence très-marquée (tintements d'oreille, palpitations, hémorrhagies); mais cette influence est le plus souvent individuelle et provient probablement du brusque passage d'une pression normale habituelle à une pression plus faible. On comprend que lorsqu'on arrive subitement, en quelque sorte, dans un air plus raréfié, les mou-

vements respiratoires doivent être plus fréquents, afin qu'ils puissent suppléer à l'insuffisance de l'air, et dès lors le cœur doit aussi battre plus vite. Mais quand l'organisme s'est habitué à un certain degré de raréfaction, les mêmes effets ne se font plus sentir; voilà, sans doute, ce qui permet à l'homme de vivre sur des points assez élevés du globe sans en éprouver aucun inconvénient.

Quoi qu'il en soit, le pouls, chez un même individu, bat plus vite à mesure qu'il s'élève au-dessus du niveau de la mer. D'après Parrot, la fréquence du pouls, qui était de 70 au niveau de la mer, allait à 75 à 1000 mètres au-dessus de ce niveau, et montait successivement jusqu'à 110 pulsations à une distance de 4000 mètres (Müller, Phys., t. I.er, p. 135).

L'absorption est favorisée par la pression atmosphérique; elle est diminuée, au contraire, ou même suspendue, quand, à l'aide de ventouses, on détermine une raréfaction de l'air sur la partie qui en est le siége; de là l'emploi des ventouses, pour empêcher l'absorption des substances vénéneuses.

Terminons en rappelant que l'air en mouvement facilite l'évaporation qui se fait à la surface du corps et influe conséquemment sur le passage des liquides à travers la peau.

Température. En traitant de la circulation capillaire, nous avons dit que la vitesse du courant était augmentée par la chaleur et ralentie par le froid.

Les effets de la température sur l'homme sont très-connus : la chaleur colore les téguments d'une vive rougeur, en activant la circulation capillaire; le froid leur donne une teinte d'abord rougeâtre, puis violette, en ralentissant le cours du sang. Dans les pays septentrionaux, le sang, sous l'influence d'un froid intense, semble se retirer des capillaires : les voyageurs mentionnent, dans ces circonstances, la blancheur de la peau, et la regardent comme le signe d'une congélation prochaine (Crébessac-Vernet, Thèses de Paris, 1846). Cet effet remarquable ne tiendrait-il pas à la contractilité des capillaires, qui se videraient entièrement sous l'influence d'un froid excessif?

Une température très-élevée n'agit pas seulement sur les capillaires, mais aussi sur les battements du cœur et du pouls, soit parce que le sang des capillaires est sans cesse remplacé par une nouvelle quantité de ce liquide venant des artères, soit à cause de l'influence excitante que la chaleur exerce sur le système nerveux.

Fordyce, exposé pendant 35 minutes à une température qu'on porta jusqu'à 48° 88 centigr., sentit son pouls battre 145 fois par minûte. Un jeune homme, qui avait naturellement 80 pulsations par minute, resta dix minutes dans une étuve chauffée à 106° 66 centigr.; le nombre de ses pulsations s'éleva à 145.

Le froid produit des effets opposés : on dit que les peuples du Nord ont le pouls plus lent; celui des Grœnlandais, d'après le témoignage de Blumenbach, ne batterait que 30 ou 40 fois par minute. Ce qu'il y a de certain, c'est que les bains froids ralentissent la circulation.

La température influe sur l'absorption : les médicaments que l'on applique en frictions sur la peau, sont plus facilement absorbés sous l'influence d'un certain degré de chaleur; une élévation de température, en favorisant l'exhalation cutanée, dispose les organes à une absorption plus active; c'est, en grande partie du moins, à cause de la température du corps que les absorptions pulmonaire et intestinale sont plus actives que celle de la peau (voir, pour plus de détails, l'excellente Dissertation de M. Crébessac-Vernet : *De l'influence de la température sur l'économie animale.* Thèses de Paris, 4 mars 1846).

Article 3. *Influences individuelles.*

Nous rangeons sous ce titre quelques différences que les liquides présentent dans leurs mouvements, suivant les âges, les sexes, les tempéraments, la taille, la position du corps, l'état de veille ou de sommeil. Nous les passerons rapidement en revue.

Ages. Les battements du cœur varient beaucoup aux différents âges de la vie. On compte 150 pulsations chez l'embryon, 140 à 130 après

la naissance, 130 à 115 dans la première année, 115 à 100 dans la seconde, 100 à 90 dans la troisième, 90 à 85 dans la septième, 85 à 80 dans la quatorzième, 65 à 50 chez les vieillards; le cœur, chez l'homme adulte, bat 70 à 75 fois par minute (Müller, Physiol., t. I.er, p. 134).

L'enfance est l'âge du développement; les échanges nutritifs sont plus rapides, les absorptions et les sécrétions plus actives, les premières en raison du grand développement de l'appareil lymphatique, en un mot, tous les mouvements de composition ou de décomposition qui annoncent une plus grande activité, se font avec plus d'énergie.

Dans la vieillesse, au contraire, âge de décroissance, les fonctions languissent, la circulation se ralentit, l'absorption se fait plus difficilement, les sécrétions diminuent, l'activité nutritive baisse de plus en plus.

Sexes et tempéraments. Il est difficile de rien dire d'absolu au sujet des différences sexuelles qui sont relatives aux mouvements des liquides. En général, cependant, l'homme se fait remarquer par une plus grande activité organique et il éprouve plus souvent le besoin de réparer ses pertes. La femme, comme on sait, présente, de son côté, une prédominance plus grande des appareils d'absorption, et les battements du pouls sont, chez elle, un peu plus fréquents que chez l'homme. Quant aux tempéraments, quoiqu'ils ne soient jamais nettement isolés, les différentes dénominations qu'on leur a données indiquent déjà par elles-mêmes une activité plus grande de tel ou de tel appareil. Les individus sanguins ont le pouls un peu plus rapide que les lymphatiques, et ces derniers présentent plus d'activité du côté du système absorbant.

Taille. MM. Rameaux et Sarrus ont fait voir que les nombres moyens de pulsations varient avec la taille des individus et sont généralement en raison inverse de celle-ci dans les deux sexes (voir les tableaux de ces moyennes dans le Bulletin de l'Académie de Bruxelles, t. VI, n.° 8).

Position du corps. Le pouls, dans la position assise, bat plus lentement que dans la station; il bat plus lentement encore dans le décubitus horizontal. M. Valentin a calculé que dans un même individu la différence

entre la position horizontale et la position assise était de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{9}$ du nombre total de pulsations dans une minute; la différence entre la position horizontale et la station oscillait entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{23}$, et celle entre la station et la position assise oscillait entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{107}$. M. Valentin a été conduit à admettre que ces différenees ne provenaient, en grande partie, que des positions du corps et non de la contraetion musculaire, ainsi que le pensait Guy (Voy. Müller, Physiol., t. I.er, p. 135). Pour s'en assurer, il a attaché plusieurs individus à une planche, à laquelle il a donné successivement diverses inelinaisons. Sur 23 individus, dont l'âge donnait une moyenne de 16 ans, il a trouvé 89 pulsations pour la position verticale, 86 pour une inclinaison de 60 degrés, 83 pour une inclinaison de 45 degrés, 78 pour 30 degrés, et 75 pour la position horizontale (Physiol., tome I.er, p. 495).

Sommeil et veille. L'activité, la contraction musculaire et l'exercice de toutes les fonctions de relation qui accompagnent l'état de veille, indiquent que les battements du pouls doivent être plus fréquents que pendant le sommeil.

Malgré cette lenteur relative des battements du pouls, il est probable, ainsi qu'on l'admet généralement, que les fonctions nutritives se font pendant le sommeil avec plus d'énergie que pendant la veille. C'est pendant le sommeil, dit Müller, que la nature travaille surtout à organiser.

QUATRIÈME PARTIE.

RÉSUMÉ SYNTHÉTIQUE.

Après avoir présenté l'analyse des principaux faits qui se rattachent à la question des mouvements des liquides dans l'organisme, il nous reste une tâche à remplir, c'est de grouper ces faits, de montrer leur enchaînement, et d'en former en quelque sorte un tout harmonique, qui permette à l'esprit de les saisir dans leur ensemble.

Le fait capital, le fait dominant, c'est le mouvement lui-même, mouvement général et continu; ce mouvement se fait *dans des organes* et *par des organes* doués de vie, réunissant des conditions particulières de *disposition générale*, de *structure* et de *propriétés*, dans un but *fonctionnel;* ce mouvement reconnaît des *causes*, il s'entretient à l'aide de *forces* qui agissent de manière à vaincre les *résistances*, et les unes et les autres se balancent harmoniquement.

Nous aurons donc à résumer : 1.° la *disposition générale des organes et leur structure*, constituant ce qu'on pourrait appeler les *conditions organiques* du mouvement des liquides; 2.° les *forces* qui mettent les liquides en mouvement; 3.° les *résistances* que ces forces ont à surmonter, deux circonstances qui forment à la fois des *conditions physiques et fonctionnelles*, qu'il est difficile de séparer, et enfin 4.° l'*utilité fonctionnelle* de tous ces arrangements et de tous ces actes.

1. Les liquides se meuvent dans les interstices des organes ou dans des tubes, et ils passent sans cesse des uns dans les autres avec la plus grande facilité, parce que tous les éléments organiques sont contigus et reliés les uns aux autres par un tissu délié, très-perméable (tissu cellulaire), au milieu duquel ces éléments et les organes eux-mêmes sont plongés comme dans une gangue.

Les tubes dans lesquels se meuvent les liquides sont des tuyaux de conduite dont la disposition varie suivant la marche de ces liquides. Les uns se divisent en tubes de plus en plus étroits, à la manière des branches d'un arbre ou des bras d'une rivière, pour diviser la colonne liquide en une multitude de colonnes plus étroites (les artères); les autres affectent une disposition inverse (les veines); d'autres, enfin, situés entre ces deux ordres de tubes, ont un diamètre uniforme (les capillaires), véritables canaux d'irrigation, qui distribuent partout le fluide nourricier en quantité proportionnelle aux besoins des organes. A cet appareil est annexé un double organe d'impulsion fonctionnant comme une double pompe, muni de valvules ou de soupapes pour régler le cours du liquide et chargé de le pousser en même temps et

dans deux directions opposées, de la pompe gauche à la pompe droite, à travers les capillaires généraux et les veines, et de la pompe droite à la pompe gauche, à travers les capillaires du poumon.

D'autres tubes, au lieu d'affecter dans leur ensemble, comme les précédents, une disposition circulaire ou elliptique, n'ont qu'une seule direction centripète et ne représentent qu'une branche de l'ellipse (appareil chylifère et lymphatique); leur ensemble forme aussi un cône dont la base périphérique est constituée par des capillaires.

Enfin, dans un troisième ordre de tubes, nous retrouvons encore une disposition générale en forme de cône (les glandes), en ce sens, que la somme des diamètres des racines l'emporte de beaucoup sur le diamètre du tronc; le mouvement est ici centrifuge.

La *structure* de ces organes est simple ou composée. Dans le premier cas, ce sont des membranes anhistes, des parois de cellules ou de tubes, dans lesquelles les plus forts grossissements n'ont encore fait découvrir aucune structure déterminée. D'autres fois, au contraire (tubes sanguins, tubes lymphatiques et conduits excréteurs des glandes), on rencontre dans leur formation les éléments de divers tissus, en proportion plus ou moins grande. Sous le rapport de leur structure, en effet, comme sous celui de leur forme, les tubes dont il est ici question, ont entre eux beaucoup d'analogie. Tous, en effet, ont au moins quatre tuniques: une extérieure, composée de fibrilles de tissu cellulaire; une interne, formée par un épithélium en pavé (vaisseaux), quelquefois cylindrique et même vibratile (conduits excréteurs), et deux tuniques intermédiaires, l'une formée de fibres longitudinales, l'autre de fibres annulaires. Tous ces tubes sont contractiles et élastiques, mais à des degrés différents.

Ces organes diffèrent les uns des autres par l'épaisseur de leurs parois (artères et quelques conduits excréteurs), par leur dilatabilité (veines et lymphatiques), par leur résistance (lymphatiques et conduits des glandes), par la prédominance de l'un ou de l'autre des tissus qui les composent, et par l'existence dans plusieurs d'entre eux, de replis

particuliers destinés à diriger et à soutenir le cours du liquide (valvules des veines et des lymphatiques). C'est le tissu élastique qui prédomine dans les artères, tandis qu'il est peu développé dans les autres vaisseaux; le tissu contractile paraît, au contraire, être prédominant dans les capillaires et dans les vaisseaux lymphatiques; il est très-développé dans les conduits excréteurs des glandes. Quelquefois ce tissu contractile est représenté par de véritables fibres musculaires (troncs des veines dans le voisinage du cœur).

L'organe d'impulsion seul, qu'on peut considérer comme un renflement des troncs eux-mêmes, est formé de faisceaux musculeux puissants, non-seulement par la nature des éléments qui les composent (fibres striées), mais aussi par l'arrangement de ces faisceaux.

Ainsi le cœur, les artères, les capillaires et les veines, auxquelles on peut ajouter comme appendices les vaisseaux lymphatiques, qui sont en effet des espèces de veines, forment un tout continu, composé de parties analogues par leur disposition et par leur structure, et dont les différences sont en rapport avec la diversité de leurs fonctions.

II. Les vaisseaux formant des tubes clos de toutes parts (du moins dans l'homme et dans les vertébrés supérieurs), les liquides qui pénètrent dans leur intérieur ou qui doivent en sortir, ont besoin d'être mus par une force particulière. Quand bien même les vaisseaux seraient ouverts et communiqueraient avec la cavité générale, comme cela existe dans les animaux inférieurs, la marche centripète ou centrifuge des fluides à travers les membranes ne saurait être expliquée sans l'existence d'une force quelconque.

Nous avons vu que cette première cause de mouvement réside dans la propriété qu'ont les membranes de déterminer entre deux liquides de nature différente des courants opposés et de force inégale.

L'*endosmose* suppose de toute nécessité l'*imbibition* et une certaine *affinité* entre les liquides en contact.

L'affinité de l'un des liquides pour la membrane, puis l'affinité des deux liquides l'un pour l'autre, seront donc les conditions physiques de la production du phénomène.

Or, tous les liquides de l'économie ont entre eux une grande analogie de composition, car ils dérivent tous du sang ou concourent à le former, et tous renferment une grande proportion d'eau tenant en dissolution des matières très-diverses. Mais d'un autre côté, et en raison même de la diversité de ces matières, les liquides varient par leur nature et par leur degré de concentration. En second lieu, les membranes qui ne sont pas homogènes présentent aux liquides, qui les imprègnent sans cesse, deux surfaces de structure différente, l'une composée de cellules, l'autre formée de fibres; or, on se rappelle que la position des membranes dans l'endosmomètre influe sur la force du courant (expériences de MM. Matteucci et Cima). L'endosmose s'exercera donc tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, et la continuité de ses phénomènes sera réglée par la différence dans la composition des fluides et par les mouvements même de ces derniers.

D'autres forces président aux mouvements des liquides dans les tubes.

Nous avons d'abord une *force impulsive* énergique dans les contractions du cœur, force capable d'élever le sang à plus de 2 mètres de hauteur (pour le ventricule gauche), et dont les effets se font encore sentir dans le système veineux, malgré les résistances que le sang éprouve dans sa marche.

Mais il existe en outre une série de forces, qu'on pourrait appeler *adjuvantes*, et qui sont : l'*élasticité des artères*, les *mouvements respiratoires*, l'*action des valvules*, la *contractilité des tubes*, les *contractions musculaires*, la *continuité du passage des liquides*, et le mouvement des *cils vibratiles*.

Quelques-unes de ces forces sont mêmes les seules actives dans certains tubes; telles sont, pour les vaisseaux lymphatiques, la continuité de l'absorption, la contraction musculaire, la contractilité des vaisseaux et le jeu des valvules; et pour les canaux des glandes, la continuité de la sécrétion et la contractilité des conduits excréteurs.

Nous avons vu que l'*élasticité* des artères restitue au sang la force que lui fait perdre la pression de ce liquide sur les parois des vaisseaux;

l'élasticité joue donc le rôle d'une force secondaire et momentanée, puisque son aetion se borne aux artères.

Les *mouvements respiratoires* sont importants à considérer dans leurs effets sur la marche progressive du sang. L'inspiration fait affluer ce liquide par les gros trones veineux, l'expiration agit surtout sur la marche du sang des veines abdominales et augmente la pression artérielle.

Les *valvules* divisent la colonne liquide, servent de soutiens aux petites colonnes qui en résultent, empêchent le reflux du sang et le portent en avant de proche en proche, soit par les effets de la contractilité des vaisseaux (lymphatiques), soit par l'aetion musculaire ou par l'arrivée de nouvelles colonnes liquides, ou par ees différentes causes réunies.

La *contractilité,* pour les vaisseaux proprement dits, agit principalement dans ceux qui ont un très-petit diamètre (vaisseaux capillaires, vaisseaux lymphatiques), quoiqu'elle existe aussi dans les artères et dans les veines. Elle paraît servir surtout à soutenir la marche du liquide par la tension eontinuelle des parois des tubes. Mais à quelque distance des orifiees des grosses veines, les fibres musculaires qui remplaeent les fils de tissu contractile, déterminent un véritable resserrement du vaisseau. Enfin, dans les eonduits exeréteurs des glandes, nous avons vu que les fibres dont se composent leurs parois sont susceptibles d'éprouver de véritables mouvements péristaltiques.

La *contraction musculaire* concourt évidemment à faire passer le chyle des réseaux de la tunique intestinale dans les tubes chylifères; les muscles des autres parties du corps dont les faisceaux sont entourés de réseaux lymphatiques ou sanguins doivent aussi, en se contractant, faire cheminer le liquide contenu dans ces réseaux; et, de plus, il est à supposer que la pression latérale exercée par la contraction musculaire sur les troncs des lymphatiques et des petites veines, concourt encore à la progression des fluides.

Enfin la *continuité du passage* des liquides est une cause évidente de progression (vaisseaux lymphatiques et chylifères, glandes).

Quant au mouvement produit par les *cils vibratiles*, il a été signalé par M. Bowmann, à l'embouchure des capsules urinifères daus les conduits du même nom, et il existe tant à la surface de certaines muqueuses (nasale, respiratoire, utérine, tubaire) que dans quelques cavités séreuses (ventricules cérébraux).

Si maintenant nous jetons un coup d'œil sur l'ensemble de tous ces mouvements produits par des causes si diverses, nous voyons que, si d'un côté des matières liquides pénètrent constamment dans le torrent circulatoire, d'un autre aussi une quantité proportionnelle de matériaux sortent par les orifices des glandes et par toutes les voies d'excrétion, tandis que le sang proprement dit forme une masse liquide non interrompue, mise en mouvement à chaque contraction du cœur et transportée sur tous les points de l'économie pour y recueillir les débris des organes ou les matériaux nécessaires à sa rénovation, pour se dépouiller des principes devenus inutiles et nuisibles et pour dispenser, partout où il circule, la chaleur et l'activité.

III. Les *résistances* que les fluides éprouvent dans leur marche sont nombreuses : le *poids* de la colonne sanguine que le ventricule pousse devant lui, le *frottement* du liquide contre les parois des vaisseaux, frottement qui doit toujours aller en croissant du centre à la circonférence, à cause de l'augmentation de surface qui résulte de la disposition arborescente des tubes; la *diminution de calibre* de ces derniers, et surtout l'*étroitesse* et l'*uniformité* de diamètre des capillaires; le peu d'élasticité des veines, leurs nombreuses *anastomoses*, leurs *flexuosités*, les flexuosités ou les *pelotonnements* des canaux sécréteurs et même des vaisseaux dans les ganglions vasculaires; enfin, dans quelques cas, la *pesanteur;* telles sont, à peu près, les obstacles qui semblent devoir s'opposer à la progression des fluides.

Mais, d'un autre côté, si ces résistances sont nombreuses, elles se trouvent diminuées par certaines propriétés des organes eux-mêmes ou par des dispositions particulières.

Nous avons vu, en effet, que l'élasticité des artères maintient dans

ces vaisseaux la force d'impulsion du cœur; la couche d'épithélium diminue le frottement, malgré la vitesse du liquide; dans les petits tubes des capillaires le liquide ne frotte plus contre les parois elles-mêmes, mais bien contre une couche immobile de sérum, en sorte que si le courant est ralenti sur les bords, il l'est beaucoup moins dans l'axe du canal. Ainsi le principal obstacle, celui qui provient du frottement, est considérablement diminué par deux causes : l'une organique, l'existence de l'épithélium; l'autre physique, la couche linéaire du liquide qui adhère aux parois du tube.

Si l'on se rappelle maintenant les forces adjuvantes ou accessoires que nous avons énumérées et la disposition des tuyaux de retour du sang des veines vers le cœur, on verra que dans l'organisme les forces et les résistances se balancent avec une admirable harmonie.

Cette harmonie existe même dans les tubes qui sont privés d'organes d'impulsion (système lymphatique, glandes); car ici la continuité du passage des liquides, secondée par les forces que nous n'avons plus besoin d'énumérer, suffit pour assurer la facilité de leur transport. Ainsi, par exemple, la disposition générale des vaisseaux lymphatiques est moins favorable à la vitesse de l'écoulement, ces vaisseaux ayant entre eux plus d'anastomoses et convergeant beaucoup moins que les veines; mais aussi le nombre des valvules est plus considérable et la contractilité plus énergique. L'arrangement des canaux sécréteurs des glandes est un obstacle à la marche du liquide sécrété, mais la continuité de la sécrétion balance cet obstacle, et la contractilité très-prononcée des conduits excréteurs détermine l'écoulement du liquide au dehors.

IV. Il est facile de faire ressortir l'*utilité fonctionnelle* qui résulte des arrangements organiques et des conditions physiques que nous avons énumérés dans le cours de ce travail.

C'est dans le parenchyne des organes que s'accomplissent toutes les actions nutritives; le sang doit s'y répandre uniformément pour mieux assurer les échanges réciproques; il doit couler avec lenteur pour que ces échanges aient le temps de s'opérer. Le ralentissement dans la

marche des liquides est donc un avantage, une nécessité. Or, ce ralentissement est obtenu par la division des artères en tubes de plus en plus étroits et par l'existence des capillaires.

Les courbures des artères produisent un effet analogue, dans un but déterminé : les courbures des artères carotide et vertébrale, pour modérer l'afflux du sang au cerveau; les inflexions nombreuses de l'artère splénique; celles des vaisseaux lymphatiques dans l'intérieur de leurs glandes, le pelotonnement des artérioles qui constituent les glomérules de Malpighi, les flexuosités des petites artères des villosités intestinales; toutes ces dispositions, qui doivent ralentir le cours du sang, d'autant plus que les courbures seront plus multipliées et les vaisseaux plus ténus, ont été prises dans un but fonctionnel facile à saisir, et qu'il est inutile de développer.

D'autres dispositions sont prises au contraire pour accélérer la vitesse : telles sont celles des veines, celles des lymphatiques, celles des canaux des glandes. Le rein nous offre un exemple remarquable de l'harmonie qui existe entre l'arrangement des parties d'un organe et les besoins de l'économie. Ici les artères et les tubes sécréteurs sont à la fois disposés pour que l'excrétion soit rapide : le volume de l'artère permet au sang d'arriver promptement à l'organe, et la plus grande partie des tubes sont droits (conduits de Bellini), et disposés en cônes et non pas flexueux ou arborescents, comme dans d'autres glandes (testicule, glandes salivaires).

Les exemples qu'on vient de lire, et dont on pourrait facilement augmenter le nombre, suffisent pour faire comprendre le but fonctionnel des conditions qui président à la marche et à la répartition des liquides de l'économie.

On a pu voir dans le cours de cette dissertation la large part de la physique dans l'interprétation des phénomènes qui se rattachent aux mouvements des liquides dans l'organisme. Il y a peu de temps encore que l'on faisait dépendre une grande partie de ces phénomènes d'actions

particulières, que l'on disait ne pouvoir être expliquées ni par la physique, ni par la chimie, et que, pour cette raison, on appelait *vitales*. Mais plus on avance dans l'étude et dans les applications des sciences physiques aux phénomènes de la vie, plus on voit qu'on peut se rendre compte du mécanisme des fonctions sans avoir recours à des actions dont nous ne connaissons pas la nature.

Est-ce à dire pour cela que la part de la vie sera nulle dans ces actions? Il y aurait de l'exagération, je dirai presque de la folie, à déduire une pareille conséquence; car ces actions physiques et chimiques, c'est dans l'homme *vivant* que nous les observons, et, comme je l'ai dit plus haut, la vie est aussi indispensable à la manifestation de ces phénomènes que les moteurs sont nécessaires à nos machines.

Appelons donc le concours des sciences positives à l'explication du mécanisme de nos fonctions, et remercions-les des services qu'elles ont déjà rendus à la physiologie. Elles ont dégagé cette science d'une foule d'hypothèses qui l'encombraient; elles continueront dans cette voie de progrès, et, dans l'étude de l'organisme comme dans celle du domaine inorganique, elles contribueront à nous rapprocher de plus en plus de la vérité, ce but constant de tous nos efforts.

TABLE DES MATIÈRES.

FIN.